

TRATTATO
TEORICO E PRATICO
DELL' ARTE
DI EDIFICARE
DI
G. RONDELET



6083

Archivio
del Gio-
v. Mon-
asterio
ed Arti-
dona B



608322

TRATTATO
TEORICO E PRATICO
DELL' ARTE
DI EDIFICARE
DI
GIOVANNI RONDELET

Architetto, Cavaliere della Legione d'onore; Membro dell'Istituto di Francia; Membro onorario del Comitato consultivo delle fabbriche della Corona; Ispettore generale onorario dei Lavori pubblici, e Membro onorario del Consiglio dei Fabbricati civili presso il Ministro dell'Interno; Professore emerito di Costruzione alla Scuola Reale di Belle Arti; Socio dell'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Lione; Membro onorario dell'Accademia di S. Luca a Roma; Socio libero dell'Accademia Imperiale di Pietroburgo e di molte altre dotte Società.

PRIMA TRADUZIONE
ITALIANA

SE LA SESTA EDIZIONE ORIGINALE
CON NOTE E GIUNTE IMPORTANTISSIME

PER CURA
DI BASILIO SORESINA
SECONDA EDIZIONE

TOMO III.
PARTE PRIMA



MANTOVA
A SPESE DELLA SOCIETA' EDITRICE
MDCCLXXXVIII

223800

Questa Edizione è posta sotto la tutela delle leggi.

*Si dichiarano contraffatte tutte le copie che non avranno il presente suggello
portante le cifre S. B.*



MILANO, CUI TIPI DI G. TRUFFI & COMP.

TRATTATO
DELL'ARTE
DI EDIFICARE

LIBRO QUINTO

DEL LEGNAME



EGLI è probabile, come abbiamo detto nell'Introduzione di quest'opera, che nei primordi delle società gli uomini abbiano variato il modo di formare le loro abitazioni a seconda dei climi e de' mezzi locali onde potevano disporre. Però le famiglie che si stabilirono presso le foreste v'impiegarono rami e tronchi d'alberi; quelle che si fissarono ne' monti, rifuggirono dapprima nelle grotte naturali e in seguito giunsero con penosi lavori ad imitarle. L'esperienza insegnò loro ben presto a formare le abitazioni cogli stessi prodotti dello acavo che facevano nei fianchi delle montagne: finalmente la salubrità, la bellezza e la fertilità de' luoghi determinarono unicamente la scelta dei siti, per l'interesse della società.

I primi tentativi furono senza dubbio assai grossolani, e soltanto dopo molti secoli i progressi della civiltà condussero l'arte a foggare i materiali da costruzione e a disporre convenientemente tutte le parti di un edificio al grado di perfezione di cui erano suscettibili.

I progressi alla perfezione in ciascun genere si avanzarono ovunque in ragione della natura e dell'estensione dei mezzi; perciò fra i popoli del Nord l'abbondanza del legno fece nascere e più rapidamente sviluppò l'arte delle costruzioni in legno.



Le loro abitazioni non farono dapprima che specie di con coperti di foglie, di scorze d'alberi, di canna, di pelli d'animali, o di terra, e se ne trovano ancora di simili fra i Lapponi e i Samojedi ed altri popoli dei climi settentrionali. In seguito a far più gradevoli le abitazioni cominciarono a distinguere il tetto dal corpo della capanna, formando i muri con pali piantati in terra e uniti ell'alto da pezzi di legno posti attraverso; gli spazj poi fra i pali si riempirono di rami intrecciati a rete e intonacati con malta di terra; e questo fu l'ultimo perfezionamento delle costruzioni primitive.

Ecco come Vitruvio si esprime su tale soggetto:

(1) « Poi osservando i coperti altrui ed aggiugnendo qualche cosa » nuova di loro invenzione facevano di giorno in giorno case di mi-
 » gliore comodità. E poichè sono gli uomini d'imitativa e docile na-
 » tura, gloriosi ogni giorno delle proprie invenzioni, mostravansi l'un
 » l'altro gli effetti de' loro edifizj, e così esercitando a gara gl'ingegni
 » di giorno in giorno diventavano più giudiziosi.

« E primieramente alzarono forcelle, frapposero virgulti e co-
 » prirono le pareti di loto. Altri seccavano glebe di fango, e con esse
 » costruivano le pareti, connettendole con legnami, e per evitare le
 » piogge e i calori, facevano i coperti di canne e di fronda: dopo di che
 » vedendo che per le intemperie invernali i tetti non poteano sostenere
 » le piogge, fecero i colmi soprapponendovi creta, e ridotti a declivio
 » i coperti, diedero scolo alle acque.

« Che poi queste cose abbiano le origini che furono descritte di
 » sopra lo possiamo conoscere dal formare che fanno di queste cose
 » gli edifizj anco a' di nostri le nazioni straniere: a cagion d'esempio
 » nella Gallia, nella Spagna, nella Lusitania, nell'Aquitania adoperano
 » assicelle di rovere o strami.

(1) Vitruv. Lib. II, Cap. 1. Tunc observantes aliena tecta, et adjuvantes suis cogitationibus res novas, efficiebant in dies meliora genera castrorum. Cum essent autem homines imitabili docilitate natura, quotidie inventionibus gloriantes alii alii ostendebant aedificiorum effectus: et ita exercitata ingenia certationibus in dies melioribus judicis efficiebantur. Primumque furcis erectis et virgulis interpositis, luto parietes traxerunt. Alii luteas glebas arificantes struebant parietes, materiam eos jugementantes, vitandoque imbres et ventus tepiebant arundinibus et fronde. Postea, quoniam per hibernas tempestates tecta non poterant imbore sustinere, fastigia ferientes luto inducto, proclivitate tectis stillicidia deducebant.

Hanc autem ex his, quae supra scripta sunt, originibus instituta esse, possumus sic animadvertere, quod ad hunc diem nationibus exteris ex his rebus aedificia constituentur, ut in Gallia, Hispania, Lusitania, Aquitania scandula robore vel stramentis.

Non si può vedere senza la più gran meraviglia l'arte fermata ad un tratto da queste combinazioni così semplici e naturali; e l'architettura priva d'altre teorie attinger da quelle per lungo tempo i suoi elementi e le dottrine.

Passando quindi ai diversi processi usati dalle nazioni più lontane dal centro della civiltà, Vitruvio stesso ci mostra senza rimarcarlo, come l'abbondanza del legname fu la sola causa che contribuì a far nascere un sistema migliore di costruzioni.

(1) « Presso la nazione de' Colehi nel Ponto, per l'abbondanza dei » boscchi, si ricovrano in mezzo ad alberi perpetui, posti in terra, spia- » nati a destra ed a sinistra, lasciando tanto spazio fra loro, quanto » può permettere la lunghezza degli alberi. Nella estrema parte di quelli » ne pongono altri a traverso, i quali chiudono all'intorno lo spazio di » mezzo dell'abitazione: poscia al di sopra con alterne travi da tutte le » quattro parti collegando gli angoli e formando così cogli alberi le pa- » reti a perpendicolo de' più bassi, sollevano in alto le torri; e gl'in- » tervalli che restano per la grossezza della materia otturano di scheggie » e di fango. Parimente ritagliando i coperti all'estremità degli angoli, » trapassano i legni trasversali a grado a grado accorciandoli. Così dalle

(1) *Apud nationem Colchorum in Ponto propter sylvarum abundantiam arboribus perpetuis planis deorsum ac sinistris in terram positis, spatium inter eas relicto quanto arborum longitudines patiuntur, collocantur, in extremis partibus earum supra alteras transverse, quae circumcludunt medium spatium habitations: tunc insuper alternis trabibus ex quatuor partibus angulos iugamentantes, et ita parietes ex arboribus statuentes ad perpendicularium locorum educunt ad altitudinem turris, intervalleque, quae relinquuntur propter crassitudinem materiae, schidiis et luto obstruunt.*

Item tecta recedentes ad extremos angulos transtra trajiciunt gradatim contrahentes, et ita ex quatuor partibus ad altitudinem educunt medio metis, quae et fronde et luto tegentes efficiunt bar- barico more testudinaria turrium tecta (1).

(1) Questa maniera di costruire con pezzi di legno orizzontali si usa con poche diversità in Russia, in Polonia, in Germania e in qualche sito della Svizzera.

I muri sono formati di tronchi d'alberi mezzo squadrati, posti immediatamente gli uni sugli altri senza intervalli e riuniti alle estremità col mezzo d'incavi che traggono fortemente uniti gli uni agli altri.

Per garantire i legnami dall'umidità si posano i primi ranghi sopra muri di cotto elevati circa due piedi e mezzo sopra il livello del pianterreno; e dopo aver ben menati di mano i pezzi di legno, si rivestono con tavole congiunte. Le facciate di molte di queste case sono decorate all'esterno da stipiti e da cornici, e dipinte in modo che offrono l'aspetto delle più belle costruzioni in pietra di taglio.

A Mosca v'è una gran piazza ove si vendono tali case belle e fatte con tutti i pezzi numerati, le quali possono dirarsi e rifarsi per essere trasportate dove più piace.

In Polonia ed in Russia si vedono palami, chiese ed altri edifici fabbricati in tal modo da più secoli, decorati magnificamente tanto all'interno quanto all'esterno. Si sono costruite in tal modo le difese di molte grandi città e di molte fortezze.

» quattro parti conducono in mezzo l'altezza alla meta e la coprono di
 » frondi e di creta, facendo le sommità delle torri, al modo de' Bar-
 » bari, testugginate.

Dietro la conformità nelle descrizioni che ci hanno trasmesso gli storici sui lavori più rimarchevoli dell'antichità in ogni genere, e dietro i pochi monumenti interi che si sono conservati fino a' dì nostri, si può fondatamente credere, che se la durata della materia avesse permesso alle costruzioni di legname, come a quelle in pietra di taglio ed in murazione, vincere i secoli conservando le forme e la disposizione ricevute dal genio degli antichi, l'architettura moderna vi avrebbe trovate le più proficue ed ingegnose lezioni. Il marmo, la pietra ed il mattone istesso hanno servito a perpetuare l'esistenza degli edifici ov'erano stati impiegati: tanto collo schermirli dall'azione distruttiva del tempo e delle stagioni; quanto per eternare gli elementi che aveano fatto parte del loro insieme, e coll'aiuto de' quali l'arte guidata dai racconti della storia ci offre ogni giorno restaurazioni le più fedeli e soddisfacenti: ma circa le costruzioni in legno si è nel caso di quelle opere celebri che sono interamente distrutte, e delle quali lo studio più illuminato può appena raccapezzare qualche tratto, per la mancanza assoluta d'ogni documento materiale così necessario nei lavori di questo genere.

Tale verità così universalmente sentita è sopra tutto applicabile a quanto scrisse Vitruvio sulle costruzioni in legno ed in ispezialità sulla formazione dei tetti (1). L'essersi tanto esteso quest'autore sulla conoscenza dei legni (2) fa conoscere abbastanza quali funzioni importanti questa materia adempiva ancora esclusivamente nella costruzione degli edifici; e circa una specie di lavoro così diffuso al suo tempo, la nomenclatura dei pezzi che formavano un'armatura poteva in certo modo bastare per farla intendere perfettamente (3). Da ciò senza dubbio provenne la brevità delle spiegazioni su tale riguardo e quindi l'oscurità che trovasi in tali passi del testo per confessione dei più celebri commentatori. E d'altronde ciò si conferma nel modo più evidente dalla

(1) La Grecia, come ci stesso ci fa sapere, possedeva i più bei modelli in questo genere, fra i quali l'Odeon d'Atrene e il tempio di Carere e Proserpina ad Eleusi erano citati per la loro grandezza; e i templi di Diana ad Efeso, e di Apollo ad Utica per la scelta dei legni d'onde erano formati i tetti (Vedi Lib. I, Conoscenza dei Materiali, Sezione I, Cap. V, Art. 2).

(2) Vedi il Libro I, nel luogo testè citato.

(3) Vitruvio Libro IV, Cap. II. De Ornamentis coelestium, et eorum origines.

poca rassomiglianza che trovasi nelle diverse figure costrutte dietro i suoi indizj (1).

Fra le numerose interpretazioni fatte nascere da tale quistione, quella data da Francesco Blondel, nel suo corso d'Architettura, è la sola, a nostro parere, che merita una distinzione particolare. « È utile sapere, dice questo dotto critico (Libro III, Capo II, parte seconda), che gli antichi avevano due diverse maniere di fare i solai ed i tetti dei loro fabbricati, secondo la differenza delle larghezze; perchè a quelli che non erano troppo ampi (*majora spatia*) e la cui larghezza dicevasi comoda (*commoda*) si contentavano di mettere fra loro delle travi (*trabes*) sui muri della lunghezza, cioè su quelli dei fianchi, e di mettere su esse de' travicelli (*tigna*) attraversanti tutta la larghezza, i quali erano una volta e mezzo più alti che larghi o grossi, posati in collo, cioè sulla loro minore grossezza, spazati per quanto era l'altezza, e sui quali inchiodavano assi (*axes*) colle quali terminavano le soffitte.

« In quanto ai tetti ecco in qual modo adoperavano: facevano dei frontoni ai due estremi del fabbricato sui muri di larghezza, cioè sull' anteriore e sul posteriore, sui quali posavano l' asinello, o fastigio, dall' alto del quale facevano discendere da ambe le parti sul pendio del tetto grossi cantieri di altezza e grossezza eguali a quelle dei travi de' solai e spazati nello stesso modo, così che ciascun cantiere corrispondeva a piombo su ciascun trave; e questi cantieri sortivano fuori del muro facendo lo sporto del tetto che era poi terminato dalle tegole onde si coprivano i travi.

« Ma quando la larghezza del fabbricato era troppo grande, facevano le soffitte con travate e i tetti a cavalletti; cioè sulle travi stese lungo i muri laterali posavano altre travi spaziate fra loro a distanze eguali alla grossezza de' travicelli che dovevano mettersi sopra, i quali con questo mezzo, non presentavano i loro capi verso i fianchi del fabbricato, come i travicelli attraversanti nell' altra maniera, ma verso le faccie anteriore e posteriore; e questi travicelli così disposti erano ricoperti di assi (*axes*) e queste inchiodate e con quadrelli od opere di ruderazione, terminavano le soffitte del fabbricato. Per

(1) Vedi a tale proposito i Commentari di Daniele Barbaro, e le Versioni di Perruzzi e di Galliani.

« costruire i tetti, elevavano quindi cavalletti composti ciascuno di una
 « chiave (*trunstra*), di due cantieri o puntoni (*cantherii*), coi loro con-
 « traffissi (*capreoli*), e di un monaco (*columna*) per sostenere il fastigio
 « o asinello (*columen*); questi pezzi ben combinati si ergevano sulla
 « larghezza, e verticalmente, di ciascuna trave; poi sul traverso dei can-
 « tieri di tali cavalletti posavano i correnti (*templa*) per tutta la lun-
 « ghezza del fabbricato, i quali servivano a mantenere i cavalletti uniti
 « gli uni cogli altri ed a sostenere i travicelli (*asseret*) che posavan su
 « dessi, e che discendendo dall'asinello da una parte e dall'altra fin ol-
 « tre il muro, facevano lo sporto della copertura o del tetto, che era
 « terminato dalle tegole onde si copriva; e questi travicelli che erano
 « per grossezza molto minori di quelli della primitiva costruzione, erano
 « pur collocati vicinissimi fra loro, in modo che sovente l'intervallo
 « non era che la metà della loro altezza o i tre quarti dello spessore.

« Ecco in poche parole spiegate le due diverse costruzioni delle
 « coperture e delle soffitte degli edifici antichi, le quali cose, bene in-
 « tese, possono dar molta chiarezza al testo di Vitruvio, che è oscu-
 « rissimo in questo luogo, cioè nel Capo II, del IV Libro, e le ho ri-
 « portate principalmente a quest'effetto, dopo averne veduto esempi in
 « bassi-rilievi antichi, e in diversi edifici particolari d'Italia. »

Quindi, come si avea fondamento di credere pel solo fatto della
 loro origine, nulla v'ha di più semplice e naturale che la composizione dei
 tetti antichi. Dietro questa spiegazione se si osservano attentamente i
 cavalletti tante volte rinnovati sopra il modello primitivo in alcuni edi-
 ficii dei bassi tempi (1) non si può a meno di conoscere i punti di rap-
 porto che vi s'incontrano; d'altronde il pensiero non potrebbe rifiutarsi
 all'idea che l'uso non interrotto di tali specie di lavori ne abbia perpe-
 tuante la forma e le combinazioni fino ai tempi moderni.

(1) Tali sono quelli delle antiche basiliche di San Pietro del Vaticano e di S. Paolo fuori delle
 mura di Roma. Nell'opera del padre Filippo Bonanni (Cap. IX) si trova l'epoca precisa della fon-
 dazione di questi due edifici, e la data dei restauri parziali che ha subito il legname del tetto da
 Costantino fino alla metà del secolo decimoquinto.

La Chiesa di Santa Maria del Prevejo a Betlemme, costruita da Sant'Elena madre di Costan-
 tino, è pure rimarcabile in ciò che il sistema dei cavalletti non essendo applicato che ad una nave,
 di 30 piedi circa di larghezza, offre ancora più somiglianza con quelli di Vitruvio. Il padre Ber-
 nardino Amico da Gallipoli, ne ha dato il disegno nel suo Trattato degli Edifizj di Terra Santa
 Roma, 1609.

Il tetto della Chiesa di Santa Sabina a Roma, edificato nel 415, anch' esso sostiene quest'as-
 serzione.

Non poteva essere lo stesso circa le costruzioni dapprima in legno, e per le quali poscia non s'impiegò che pietra di taglio o murazione, come nei ponti e nei teatri; e se (come si può presumere dietro la perfezione che gli antichi cercavano in ogni cosa) tali costruzioni per essere usuali non erano meno saggie ed ingegnose, dobbiamo tanto più rammaricarci che Vitruvio non ne abbia dato verun indizio. Questa importante omissione, ed il silenzio dello stesso autore sulle centinature che servivano a stabilire gli archi in pietra di taglio formano una lacuna irreparabile nella storia dell'Arte di Edificare.

SEZIONE PRIMA

PRINCIPJ DEL TAGLIO DEL LEGNAME

CAPO PRIMO

DEI TETTI A DUE PENDENZE

I principj per operare sul legname sono gli stessi di quelli pel taglio delle pietre, già spiegati nella Sezione II del Libro III; ed ora ricorderemo i più essenziali onde applicarli all'Arte di tagliare il legname.

Nell'Arte del carpentiere chiamasi garbo (*cirélon*) la proiezione in grande sopra una superficie piana, verticale od orizzontale, di un'opera che vuolsi eseguire; precisamente come continua (*epure*) nel taglio delle pietre.

La proiezione di un oggetto qualunque sopra un piano o superficie retta si fa col mezzo delle linee che terminano il suo contorno, e di quelle che indicano gli spigoli e gli angoli formati dall'unione delle sue superficie apparenti; oppure con linee che formano scomparti o divisioni di commessure, quando l'oggetto di cui si tratta è composto di molti pezzi riuniti.

La posizione di queste linee è determinata da parallele perpendicolari al piano di proiezione, abbassate dai principali punti dell'oggetto che si deve rappresentare.

Se trattasi di una linea retta, per determinarne la posizione, bastano i due punti delle sue estremità.

Se di una curva, oltre i punti estremi sono necessari molti altri punti intermedi.

I solidi, per l'unione delle loro superficie, formano tre specie d'angoli:

1.° Angoli piani per l'incontro degli spigoli che terminano ciascuna superficie,

2.° Angoli solidi formati dalla riunione di molti angoli piani i cui lati si congiungono in un punto. E qui giova l'osservare che occorrono almeno tre angoli piani per formare un angolo solido.

Nei solidi terminanti in punta, come le piramidi, l'angolo solido che forma la sommità è composto di tanti angoli piani quante sono le faccie:

3.° L'angolo dei pimi, che è quello formato da due superficie che si riuniscono per formare uno spigolo: esso è misurato da due perpendicolari condotte da uno stesso punto dello spigolo sopra ciascuna faccia formante tal angolo.

Da ciò che precede risulta che un punto solo può indicare in una proiezione la posizione di una delle estremità di tutte le linee che vi metton capo, sia per formare angoli solidi, sia per formare compartimenti o combinazioni di commessure sopra una stessa superficie composta di più pezzi.

Le linee o superficie rappresentate in una proiezione vi sono espresse o per tutta la loro estensione od accorciate.

Non vi sono che le linee o superficie parallele al piano di proiezione che si trovino nel primo caso; tutte le altre provano un accorciamento più o men grande secondo il grado della loro inclinazione a questo piano.

Si osservi poi che sopra un piano si possono tracciare linee rette o curve in tutti i sensi; d'onde risulta che le linee non parallele fra loro possono nondimeno esserlo al piano di proiezione e perciò non mutare di grandezza.

L'inclinazione di una linea rapporto al piano di proiezione si misura dalla differenza delle perpendicolari condotte dalle sue estremità sopra questo piano, il che dà sempre un triangolo rettangolo ACB , figura 1, Tav. LXXII. In questo caso AC esprime la quantità di cui il punto A della linea originale BA si allontana dal piano di proiezione BC ; e la linea BC o la sua eguale DE indica la proiezione o la lunghezza accorciata della linea originale.

Conviene ancora osservare che la proiezione di un oggetto cambia in ragione della posizione del piano su cui è fatta. Questa posizione potrebbe variare all'infinito; ma nella pratica delle arti si riduce ordinariamente a piani orizzontali e verticali ai quali si riferiscono tutti i punti degli oggetti da rappresentare.

La posizione orizzontale essendo unica non produce che una sola proiezione indicata col nome di pianta geometrica; ma siccome un piano può cangiar posizione senza cessare d'essere verticale, ne risulta che si

possono ottenere diverse proiezioni verticali indicate coi nomi di alzate, spaccati e profili.

Si osservi che nell'arte del carpentiere o del falegname conviene talvolta, come nel taglio delle pietre, ricorrere a superficie preparatorie per giugnere a formare gli spigoli che debbono terminare i solidi. Questi spigoli non bastano sempre, ma è necessario inoltre conoscere la natura delle superficie che si debbono formare, la direzione delle linee rette o curve che le compongono, onde poterle fare colla conveniente esattezza e regolarità.

Possono occorrere tanti alzati quante faccie ha l'oggetto.

Gli spaccati ed i profili sono sezioni perpendicolari alle faccie, ed esprimono le parti interne e le grossezze coi loro contorni. Col mezzo di queste proiezioni, degli sviluppi e della misura degli angoli si giugne a tracciare ed eseguire con precisione tutti i pezzi che debbono comporre un'opera qualunque in pietra di taglio o in legno. Chiamasi sviluppo la proiezione particolare delle faccie di un oggetto che non possono rappresentarsi che accorciate nella sua proiezione verticale od orizzontale, come le inclinazioni BA, BD del tetto il cui profilo è rappresentato dalle figure 2 e 4.

Per fare questo sviluppo si suppone che queste due linee inclinate si alzino, ruotando intorno al punto B, per formare la superficie orizzontale a B d, eguale al profilo ABD, figura 4. Nei tetti essendo le pendenze ordinariamente nel senso della larghezza, mentre la lunghezza è a livello, tutte le linee parallele alla lunghezza, come anche le loro divisioni non mutano grandezza nella proiezione orizzontale, figura 3; d'onde risulta che se dopo aver abbassate dai punti a B d, figura 4, delle parallele indefinite, si prolungano le linee EF, GH della figura 3, la superficie delle inclinazioni sviluppate sarà rappresentata da e f h g della figura 5.

La divisione dei travicelli I, I, I, si avrà prolungando del pari sulla figura 5 le linee onde sono indicati nella figura 3.

Quando la larghezza d'un tetto è ineguale, se si vuol conservargli una stessa altezza, ciascun cavalletto deve avere una inclinazione diversa, d'onde risultano superficie storte. Ciò si potrebbe evitare dando a ciascun cavalletto una stessa inclinazione; ma allora l'altezza del tetto diverrebbe ineguale, in guisa che, se la base di esso fosse orizzontale, l'asinello sarebbe inclinato, il che produrrebbe un effetto ancor più spiacevole che quello delle superficie storte, siccome più apparente.

Si può anche evitare lo storcimento delle superficie e conservare una stessa altezza nei tetti a due inclinazioni, di larghezza ineguale, figura 6, prendendo per altezza principale il piccolo frontone, figura 7, e tirando dal mezzo E della linea AB che lo rappresenta sul piano le linee EH, EG parallele alle grandi faccie AC, BD. Queste linee indicheranno la posizione dei doppi asinelli posati alla stessa altezza, ai quali debbono terminare le inclinazioni lungo queste faccie onde formare superficie piane e senza obliquità.

La parte triangolare HEG formerà una piattaforma coperta di piombo, o una doccia incavata che si accorderà col doppio frontone la cui faccia è rappresentata in pianta dalla linea CD ed in alzato da CKMLD, figura 8. Ma questo mezzo produce un tetto assai complicato, costosissimo e soggetto a maggiori inconvenienti dei tetti storti, e specialmente se vi si fa la doccia incavata, ove le nevi rimangono per tempo lunghissimo nei paesi freddi.

Formazione di un tetto a due inclinazioni sopra una pianta di larghezza ineguale, dovendo essere l'asinello e la base a livello.

Descritto il trapezio ABCD, figura 1, Tavola LXXIII, che forma la pianta di questo tetto si farà passare pel mezzo dei lati AB; CD che debbono formare i frontoni, una linea retta EI che indicherà la proiezione dello spigolo dell'asinello. L'altezza di questo dovendo essere dovunque la stessa, mentre la larghezza è varia, deve risultarne inclinazioni diverse ad ogni punto della larghezza e in conseguenza superficie storte.

Se si volesse ripartire la obliquità di queste superficie sopra ciascun pezzo di legname componente il tetto ne risulterebbe un lavoro considerevole senz' aumentare la solidità; egli è perciò che si può limitare alla superficie superiore dei travicelli e dei correnti. Basterebbe anche formare in questi ultimi leggere incavature nei luoghi ove i travicelli devono poggiare, il che avrebbe il vantaggio di fermarli in modo più solido.

Abbiamo già parlato delle superficie oblique nel libro II, pagina 28 relativamente ai letti delle pietre; esse si possono considerare come formate di linee rette che non sono nello stesso piano, cioè che prendendo di mira uno degli spigoli, gli opposti sembrano elevarsi od abbassarsi invece di confondersi come avviene in una superficie piana.

Se sopra una superficie obliqua di forma rettangolare si applica un regolo parallelo ad uno de' suoi lati, esso combacierà per tutta la sua lunghezza; ma se vi si applica obliquamente si troverà essere la superficie concava o convessa, mentre una superficie che non sia obliqua trovasi piana sempre, qualunque sia il modo onde vi si applica un regolo.

Convien osservare che una superficie triangolare terminata da linee rette non può mai essere obliqua, perchè ciascuna di esse riunendosi a due altre che convengono ad uno stesso punto si trovano necessariamente tutte e tre in un piano.

Quando la forma di una superficie obliqua è un quadrilatero irregolare si troverà la direzione delle linee rette delle quali può essere formata, prolungando i due spigoli opposti che tendono ad avvicinarsi, come BD , AC , figura 2, fino al loro incontro nel punto E : tutte le linee condotte da questo punto al lato DC che forma la base del triangolo, saranno rette. Quando il punto di incontro è troppo lontano si tira dal punto B una parallela a DC ; e divise queste due linee in parti eguali, si conducono dai punti corrispondenti tante linee rette sulle quali applicando il filo di un regolo toccherà la superficie in tutta la sua lunghezza.

Quando la superficie d'un tetto ha tanta obliquità da poter essere sensibile nella larghezza di un travicello, si traccia prima il travicello in pianta, figura 3; quindi dalla sua estremità più breve a , si tira una linea a squadra ab che indichi la misura dello sbieco. Collocando poscia il travicello secondo l'inclinazione corrispondente alla maggiore lunghezza, si porterà sulla linea a livello cd , figura 4, che deve servirgli di base, la misura fb , dello sbieco, da d in e ; indi con un regolo oppure con un cordone, si descriverà dall'alto del travicello la linea ge , che indicherà la diminuzione da fargli ond'abbia al di sopra la obliquità che gli conviene.

Per trovare l'obliquità di un corrente si descriverà il di sopra dei puntoni de' cavalletti sui quali debbono poggiare eol di sotto dei travicelli che vi debbono corrispondere; scelta quindi una delle estremità del corrente per poggiare in quadrato sopra uno dei puntoni si descriverà sull'altra estremità la differenza prodotta dalla storta del pendio, come si vede nella figura 5: $abcd$ indica l'estremità portata in quadrato sopra uno de' puntoni, ed $efdc$ quella che poggia sull'altro;

bd è l'inclinazione superiore del primo puntone, ed *fd* quella del secondo.

Non usandosi appianare e squadrare i legnami da carpentiere come quelli dei mobili, per descrivere con più facilità e precisione il loro insieme si presentano uno sull'altro nella posizione che debbono occupare nell'insieme: per operare si fa uso d'un piombo e d'un cordone imbiancato, che gli operai chiamano *linea*. Siccome tendesi il cordone e si solleva nel mezzo per farlo battere e tracciar le linee, gli opefai indicano tale operazione colla frase *battere la linea*.

CAPO SECONDO

DEI TETTI PIRAMIDALI E DEGLI INCONTRI O PENETRAZIONI DEI TETTI.

ARTICOLO I.

Tetto a padiglione sopra una pianta regolare.

QUANDO invece di formar frontoni le due estremità di un tetto sono terminate da due inclinazioni che si collegano a quelle degli altri lati, ne risulta una figura piramidale. Se la base è formata da un quadrato o da un poligono di lati eguali, questa piramide sarà composta di tanti triangoli quanti saranno i lati del poligono. Questa specie di tetto dicesi a padiglione. Le inclinazioni triangolari formano alla loro unione degli spigoli che si sostengono con cavalletti (o mezzi cavalletti all'estremità dei tetti comuni) detti *saettili*, sul dorso de' quali si fanno d'ordinario poggiare i travicelli dei due pendii che s'incontrano ad angolo.

Le superficie triangolari comprese fra due saettili, chiamate groppe, sono divise nel mezzo da cavalletti (o mezzi cavalletti nei tetti comuni) detti di groppa, e sono terminati da travicelli di diverse lunghezze: quello del mezzo che è il più lungo si unisce all'alto nel monaco ed al basso in una piattaforma; s'indica col nome di travicello di groppa o di cavalletto.

Tutti gli altri travicelli, detti dai Francesi *empanons*, si uniscono all'alto nei saettili ed al basso nella piattaforma come il travicello di groppa.

La figura 6 della stessa tavola rappresenta la proiezione in pianta di un padiglione quadrato ove si sono indicati i pezzi di cui deve essere composto.

I saettili sono indicati dalla lettera *a*.

b indica i quattro travicelli principali che si uniscono come i saettili nel frontone C.

Gli altri, detti *empanons*, indicati dalla lettera *d*, si uniscono nei saettili.

e indica i correnti che compariscono fra i travicelli; *f e g* sono le travi nelle quali sono incastrati i piedi dei travicelli.

Quando i pontoni dei cavalletti angolari non formano nel tempo stesso lo spigolo del tetto, l'eseguirli non è più difficile che nei tetti ordinari. Le asticciuole possono essere fatte con piattaforme di 4 o 5 pollici incavate a mezzo legno nei luoghi ove s'incrociano.

Se sono i puntoni di queste travi che formano gli spigoli si troverà l'angolo che li deve formare dopo aver appianato superiormente il pezzo, e descrivendo con un cordone una linea nel mezzo della sua larghezza; posto quindi secondo la sua inclinazione, determinata da una linea di base sulla quale si porterà l'accorciamento o l'allungamento CH dello spigolo, figura 8, si tirerà sulla pianta, figura 9, la linea ik , e si prenderà la distanza Ch , che si porterà sulla linea di base descritta sul pezzo da C in n . Finalmente dal punto n si traccierà sul pezzo con un cordone la linea on parallela alla linea di spigolo. Questa indicherà la diminuzione del pezzo per formare lo spigolo, levando il legno dalla linea on fino a quella che indica il mezzo dello spigolo.

Questi saettili si uniranno all'alto nel monaco come lo indica la figura 7, ed al basso nella trave come i puntoni comuni commessi a maschio e femmina. Per descrivere tali commesure si poggierà il monaco sull'estremità superiore del saettile secondo la posizione che deve avere, come CD , figura 10, e dopo aver segnata sul saettile la linea di congiunzione lm , le si condurrà una parallela a tre pollici circa per la lunghezza del maschio; tagliato quindi il di più si traccierà sull'estremità la grossezza del maschio che sarà il quarto della larghezza del pezzo; ma siccome questo maschio diverrebbe troppo aento all'alto, si taglierà ad angolo retto secondo la linea lp all'origine del maschio.

Per seguire le piaghe converrà prima appianare la parte delle faccie del monaco nelle quali debbono essere incavate; e dopo aver segnata l'altezza superiore e il di sotto del maschio si traceranno due linee indicanti la larghezza corrispondente a quella del maschio. L'altezza si taglierà in isquadro, e la base in pendio secondo l'inclinazione dello spigolo; questo sistema sarà fermato da caviechie di ferro che passino a traverso delle piaghe e dei maschi. La base del saettile si congiungerà nello stesso modo: esso è indicato dalla figura 11.

Siccome tutti questi pezzi a causa della loro inclinazione non possono essere rappresentati che in iscorcio sopra un piano orizzontale, si descrivono sopra ciascuna parte di superficie sviluppata prendendo tutte le larghezze che non mutano sul piano orizzontale e le lunghezze sul

profilo. Così per una groppa triangolare come abc , figura 6, dopo aver condotta una linea eguale ad ab , figura 12, la quale non si altera, prenderassi la lunghezza di mezzo sul profilo, che porterassi da d in c , e si condurranno le rette ca , cb che esprimeranno l'esatta forma e l'estensione della superficie del triangolo di groppa.

Quando il triangolo è isoscele, l'altezza cd , perpendicolare alla base ab , cade nel mezzo di essa; ma se il triangolo è scaleno, cioè se le linee che formano il mezzo dei saettili sono ineguali, questa perpendicolare dividerà la base in due parti ineguali; e siccome questa base non cangia, il punto d si trova collocato egualmente nella proiezione in pianta e nello sviluppo.

Dopo aver portate, secondo la proiezione, figura 6, la grossezza e distanza dei travicelli sulla base del triangolo di groppa in tal modo sviluppato, da tutti questi punti si eleveranno tante parallele alla perpendicolare abbassata dal vertice del triangolo, che colle loro intersezioni colle linee di pendio daranno i travicelli nella loro vera lunghezza. Le linee ca , cb fanno pur conoscere l'angolo dei saettili in tutta la sua grandezza, e si può aver quello della superficie del mezzo scantonamento del pezzo, portando la sua larghezza all'interno delle linee di pendio, e conducendo delle parallele a tali linee fra la base e la sommità del triangolo.

Convien osservare che tale estensione, chiamata erpice dai carpentieri, dà le giuste lunghezze senza cangiar in nulla le dimensioni della larghezza.

Vi sono diverse maniere di fissare i travicelli sul pendio dei tetti: il loro piede è d'ordinario trattenuto in tacche o addentature praticate a distanze eguali nella piattaforma o piana. All'alto basta talvolta di farli poggiare sull'asinello o sui saettili e si assicurano con cavicchie di ferro o di legno dopo averli tagliati ad unghia secondo l'angolo che debbono fare alla loro unione sia in pianta, sia nell'alzata, figura 13.

Molti carpentieri uniscono i travicelli a maschio e femmina nei saettili, e i travicelli opposti che s'incontrano sull'asinello, a metà legno, o con un maschio all'estremità di uno ed una piaga forcata all'estremità dell'altro, per ricevere il maschio, come si vede nella figura 14. Altri uniscono i travicelli ai saettili ed all'asinello con tacche a mezzo legno fissate da cavicchie di legno o di ferro, figura 15. Questo metodo è quello che mi sembra più conveniente pel doppio scopo di legare i pezzi di legno gli uni cogli altri in un modo semplicissimo e molto solido.

Pel primo caso in cui i travicelli sono semplicemente posati sull'asinello o sui saettili, le loro estremità superiori debbono essere tagliate in modo che la loro unione formi una commessura a piombo. Per tracciare questo taglio, conviene, dopo aver indicato il travicello sul profilo, figura 13, condurre la perpendicolare df dal punto in cui posa sullo spigolo dell'asinello o del saettile, e portare fh al di sopra. Si può anche collocare il travicello sul profilo onde rilevarci i punti con un piombo come abbiamo testè indicato, ed è questo il mezzo più in uso.

Quando si vogliono unire i travicelli a maschio e femmina, è necessario, dopo averli tracciati sullo sviluppo, e sul profilo, tirare su ciascuna, come nell'esempio precedente, una perpendicolare dalla parte più breve per avere la differenza data dallo sbieco; si descriverà con questo mezzo la sezione dell'estremità: condotte quindi le parallele al piano di commessura per marcare la lunghezza del maschio, si dividerà la grossezza del travicello in tre parti e si condurranno altre parallele per segnare la grossezza del maschio, come si vede dalle figure 16 e 17. Per descrivere le piaghe sui saettili si tireranno delle linee a piombo sui lati, alle distanze indicate dallo sviluppo; fra queste linee si condurranno delle parallele secondo le distanze prese sul profilo, come si vede indicato dalla figura 18.

È necessario che queste piaghe sieno incavate secondo l'inclinazione indicata dalle linee di profilo. Per farlo più facilmente si mette il saettile in modo che questa direzione si trovi a piombo; e acciò che l'angolo dei maschi ne' travicelli non divenga troppo acuto, il che sarebbe ancora più difettoso pel caso di cui si tratta, tagliasi a squadra l'estremità e si scava quindi la piaga.

In costruzione vi è una regola generale da cui non si dovrebbe mai allontanare, a meno d'esservi costretti dalla necessità, ed è che tutte le commessure o tagli dei pezzi che compongono un tutto qualunque, debbano sempre essere perpendicolari alla superficie che debbono formare; questa regola di stereotomia è comune al taglio delle pietre, e a quello del legname qualunque. Dietro tale principio i tre sistemi di cui si è parlato dovrebbero essere come sono indicati nelle figure 19, 20 e 21.

Le unioni dei travicelli ad incavi si descrivono cogli stessi mezzi che abbiamo indicato tanto al basso quanto all'alto, cioè con perpendicolari per trovare lo sbieco dei tagli; o posando i pezzi sulle piane, sugli asinelli o sui saettili come debbono trovarsi quando sono uniti.

ARTICOLO II.

Tetto a padiglione sopra una pianta irregolare.

MOLTI autori e trattatisti dell'arte del carpentiere per farsi merito della superata difficoltà, affettano di ripartire le più picciole irregolarità su tutti i pezzi dell'armatura di un tetto, invece di limitarsi a quelli ne' quali le anomalie o le difficoltà, divengono inevitabili. Per esempio, è inutile sbiecare le faccie laterali dei travicelli, perciocchè la superficie che debbono formare non sono rettangoli o triangoli isosceli, se però sono rette. Quando queste superficie sono oblique basta ridurre i lati dei pezzi che vi corrispondono, come lo abbiamo spiegato nei tetti obliqui a due pendj, richiamando ciò che abbiamo detto delle parti triangolari che non possono essere oblique quando non lo sieno le linee degli spigoli.

Da questa osservazione risulta che un padiglione, ad un sol monaeco, che abbia per base un poligono qualunque, regolare o irregolare, formato di declivj o groppe triangolari, corrispondenti a ciascuna faccia, non presenta maggiore difficoltà nella sua esecuzione che un padiglione sopra una pianta quadrata.

È utile dare al monaeco di questi tetti la forma del poligono della base, come si vede dalla figura 22, e di considerare ciascun saettile come un mezzo cavalletto, la cui grossezza è parallela allo spigolo che è in mezzo al saettile.

Per avere l'allungamento dei travicelli si farà lo sviluppo di ciascun triangolo di groppa sul quale s'indicheranno, osservando che devono essere paralleli alla linea abbassata perpendicolarmente dal monaeco che forma la sommità del triangolo, sulla linea di facciata che gli serve di base: e fatti i profili corrispondenti, si tracceranno sui legni le unioni col metodo delle perpendicolari più sopra indicato, che può applicarsi ad ogni specie di sbieco tanto in pianta come in alzata.

Se trattasi di un tetto a due declivj sopra un trapezoide allungato, terminato da due groppe, come quello rappresentato dalla figura 23, per descrivere la proiezione in pianta si comincerà dal condurre una linea *ef* dal mezzo di una delle faccie di groppa all'altra per segnare

la direzione dell'asinello; si porterà su questa linea da una parte la metà *fc* da *f* in *d*, e dall'altra la metà *be* da *e* in *g*. I due punti *d* e *g* indicheranno il mezzo dei monaci; quindi dai punti *d* e *g* delle perpendicolari si abbasseranno le altre perpendicolari *g* 1, *g* 2, *g* 3, e *d* 1, *d* 2, *d* 3 sopra ciascuna fascia, a cui si condurranno le parallele a conveniente distanza per indicare il mezzo dei travicelli.

Per avere la lunghezza e i tagli di essi, si farà lo sviluppo di ciascuna di queste parti secondo i profili presi sulle linee *g* 1, *g* 2, *g* 3, e *d* 1, *d* 2, *d* 3, che debbono tutti avere una stessa altezza perchè lo spigolo dell'asinello *dg* possa essere a livello. Descritti su questi sviluppi i travicelli per formare ciò che i carpentieri chiamano erpici, si rileveranno i loro tagli col metodo sopra indicato.

Se il tetto non è molto grande, bastano a sostenerlo quattro mezzi cavalletti a saettile riuniti ai due mouschi, che saranno volti diagonalmente per unirvisi. Onde impedirs l'allontanamento dei saettili o dei puntoni si poseranno delle piane secondo la direzione di essi e quella dell'asinello, fortemente unite le une colle altre e colle piane che ricevoano le tacche dei travicelli.

Se la lunghezza del tetto è considerabile, oltre questi mezzi cavalletti a saettile se ne aggiungeranno d'interi nell'intervallo per sostenere la portata dei correnti. Si darà ad essi per quanto è possibile una direzione perpendicolare all'asinello.

ARTICOLO III.

Delle Doccie o Diagonali, e delle Converse.

QUANDO due parti di fabbricato si riuniscono ad angolo come indica la figura 1 della Tavola LXXIV, la piegatura del tetto che corrisponde all'angolo interno prende il nome di doccia (*noue*).

La formazione di essa non presenta difficoltà maggiori di quella per formare un saettile; i travicelli vi si uniscono nella stessa maniera: vi è la sola differenza che la parte superiore presenta un angolo rientrante invece di un angolo tagliente. Siccome quest'angolo risulta dall'incontro

di due superficie in pendio, è necessario che il pezzo di legno che porta lo spigolo rientrante riceva una parte di ciascuna delle due superficie. Per trovare l'angolo che debbono formare, fatta che sia la proiezione orizzontale del pezzo A, figura 2, è d'uopo tracciare il profilo del suo pendio al punto della piegatura B, figura 3, e dopo aver portato il *rinculamento* dell'angolo N, figura 1, sopra l'orizzontale, rimandarlo perpendicolarmente in *f* fino all'incontro della sezione perpendicolare fatta alla estremità di B; conducendo quindi per questo punto *f* una parallela a B, la distanza *fe* di queste due parallele indicherà la misura dell'incavamento dell'angolo del pezzo. Supponiamo che *a*, *b*, *c*, *d*, figura 4, sia l'estremità di questo pezzo tagliata in squadra; si porterà sopra il mezzo la misura *fe* dell'incavamento, e si condurranno le linee *ce*, *ed*, che daranno la vera misura dell'angolo.

Per formare più regolarmente quest'angolo si può adoperare un calibro tagliato secondo l'angolo *c, e, d*. Pei tagli inferiore e superiore si opererà come poc'anzi si è detto pei saettili.

Quando molti pezzi di legno debbono riunirsi in uno stesso monaco, come quello dell'esempio precedente, che riceve due asinelli, un saettile, una diagonale e due correnti di groppa, si può per meno indebolire il monaco praticarvi un incavo tutto all'intorno formante una specie di testa a coda di rondine, figure 5 e 6. I pezzi riuniti in quest'incavo vi sarebbero ritenuti da un poligono di ferro piano incliodato di sopra, il quale li costringerebbe tutti intorno al monaco in modo da non potersene allontanare.

La base di questo monaco formerebbe un poligono di cui ciascuna faccia sarebbe perpendicolare al pezzo che vi si deve unire. Tutte le commessure che partono dagli angoli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 debbono essere a piombo e tendere al centro del monaco.

Modo di segnare l'unione di tutti questi pezzi.

Supporremo la posizione di essi tale che tracciando sulla faccia inferiore di ciascuno una linea a traverso perpendicolare alla sua direzione, essa trovisi a livello perchè è la posizione più conveniente tanto per la solidità quanto per la regolarità.

Gli asinelli B e D che sono orizzontali non presentano veruna difficoltà. La proiezione in pianta dà la forma dei tagli indicati dalle cifre

8, 9, 10 ed 1, per l'asinello B, e 2, 11, 3, 12 per l'asinello D. Questi tagli debbono essere verticali, cioè in squadra colla superficie inferiore: sono essi marcati colle stesse cifre sul profilo per l'asinello D.

La figura 6 indica la sezione dell'asinello presa ad angolo retto sulla larghezza.

La figura 7 indica il profilo del diagonale, secondo l'inclinazione del mezzo che debbe metter capo alla sommità del monaco. Tracciata questa inclinazione come pure la verticale Aa , che passa per mezzo al monaco, si prenderanno sulla pianta le distanze Ab , Ac , che si porteranno sull'orizzontale AH del profilo nei punti b' , c' , pei quali si condurranno delle parallele alla verticale Aa , le quali indicheranno la proiezione del *rinculamento* e la direzione degli spigoli che lo terminano. Se dal punto 11 si conduce alla sommità la linea $11A$, la parte 2, 11 indicherà uno degli spigoli superiori in iscorcio.

La figura 8 indica la sezione trasversale di questo diagonale presa ad angolo retto.

La figura 9 indica il profilo della sezione all'estremità del saettile; vi si sono tracciate collo stesso processo le linee del *rinculamento*.

La figura 10 rappresenta un travicello principale figurato cogli stessi processi. Tutti questi pezzi si tracciano nel modo ordinario stendendoli sul profilo; ma si possono anche descrivere col mezzo delle perpendicolari $d'h$, riportando a destra ed a sinistra di questa linea i punti che servono a determinare la forma delle sezioni e delle commessure; e questo mezzo è ancora più spedito.

La figura 11 indica un processo semplicissimo per condurre da un punto dato una linea a squadra o perpendicolare ad un pezzo di legno. Dal punto b si tirerà una linea inclinata ab , che dividerassi in due nel punto e , dal quale come centro si descriverà sopra ab una semicirconferenza di cerchio che taglierà il lato del pezzo in un punto c , per cui condotta la linea cb essa sarà ad angolo retto colla ac e per conseguenza colla bd che le è parallela.

Delle converse

Le converse sono specie di armature che si mettono all'incontro d'un tetto a due pendenze, col pendio di un altro tetto di maggior

estensione. Queste formano nella proiezione orizzontale, Tavola LXXV, figura 2, un angolo composto di due pezzi di legno chiamati braccia della conversa, ai quali si congiungono piccoli travicelli a guisa di correnti.

Quando non si tratta che di un picciolo tetto, come quello di un abbaino, le converse si posano sulla pendenza del tetto grande, cioè sui travicelli, e non si compongono che di travicelli scantonati per accordarsi col pendio del tetto picciolo e ricevere il piede de' travicelli trasversali.

Pei tetti grandi le converse sono più considerevoli; formano esse come de' cavalletti stesi sul pendio del tetto che incontrano. Queste armature sono munite talvolta di monachi, di contraffissi e di false chiavi.

L'esecuzione di questo genere di opere diviene più difficile in ragione della posizione e della forma delle superficie che trattasi di formare, della irregolarità di esse, e del modo più o meno obliquo con cui s'incontrano.

I pezzi di cui si compongono non potendo a cagione delle pendenze essere rappresentati che in pendio sopra la proiezione orizzontale, fa duopo trovarne:

- 1.^a La lunghezza reale;
- 2.^a La forma della grossezza presa perpendicolarmente alla lunghezza;
- 3.^a Le sezioni superiore e inferiore e tutte le altre commesure.

Per determinare con esattezza tutte queste parti è necessario vi fare, oltre la proiezione orizzontale, l'elevazione ed il profilo delle parti del tetto di cui le converse formano la riunione; è utile pure di fare gli sviluppi, onde meglio assicurarsi dell'effetto che debbono produrre.

Esempio per una conversa obliqua, semplice.

La sua proiezione in pianta è espressa dalla figura 2, che rappresenta l'accordo di un tetto picciolo colla pendenza di un gran tetto.

La figura 4 rappresenta una delle picciole armature intere del tetto picciolo, marcata ONP sulla pianta, figura 2.

La linea CB, figura 3, indica la pendenza del tetto grande, che corrisponde alla linea BD della pianta, figura 2, perpendicolare alla linea di faccia A'C.

La figura 5 è un profilo od elevazione di fianco secondo la direzione del tetto minore.

Tutte le superficie delle parti di tetto che si uniscono per formare questa convesa essendo inclinate, non vi dev'essere che la figura 4, dietro i principj di proiezione testè dimostrati, nella quale le linee sieno espresse in tutta la lunghezza perchè sono parallele al piano di proiezione.

Nella figura 2, le sole linee A C, B G, sono espresse nella loro vera grandezza, perchè sono orizzontali come il piano di proiezione.

Nella figura 5, la linea della sommità N'' B'' e le corrispondenti ad essa nello stesso piano verticale, come B'' G'' ed A'' O sono le sole espresse in tutta la loro larghezza.

Il punto B della figura 2, ove si riuniscono gli spigoli esteriori delle braccia della convesa, essendo più elevato che i punti A e C per una grandezza eguale ad N' F, figura 4, la quale esprime l'altezza del tetto picciolo, per avere la vera lunghezza delle linee A B, B C, si eleveranno dal punto B delle perpendicolari, eguali ad N' F, e si condurranno le linee A N'', C N'', che esprimeranno queste lunghezze.

Siccome la linea A C non cangia punto di lunghezza, così si avranno e tre linee per formare lo sviluppo della parte triangolare del pendio del tetto maggiore su cui debbono essere posate le braccia della convesa. Formato col mezzo di queste tre linee il triangolo A' B'' C', figura 6, vi si potranno tracciare sopra queste braccia in tutta la loro grossezza e lunghezza.

Si comincerà dal cercare il profilo di grossezza delle braccia, preso perpendicolarmente alla lunghezza di esse. Perciò condurrassi dal punto G' la perpendicolare G' H sopra A' B''. Considerando poi che il punto H è più elevato del punto G', si prenderà la distanza del punto H alla linea A' G', che si porterà sul profilo di pendenza, figura 3, da C in d, e si abbasserà la perpendicolare d b. Descritta quindi su H G' come diametro una semicirconferenza di cerchio, si porterà l'altezza d b da H in I, e si condurrà I G' che sarà la base orizzontale della pendenza H G'. Elevata quindi dal punto G' una perpendicolare G' K ad I G', eguale ad F N', figura 4, che indica l'altezza del tetto minore, si condurrà K H che esprimerà la pendenza del tetto picciolo, corrispondente alla linea H G'. Condotta perciò una parallela a questa linea da una distanza eguale allo spessore che si vuol dare ai travicelli, il punto e ovè taglierà la

linea $H G'$ indicherà la minor larghezza H e da dare a questo braccio della conversa; il terzo lato del profilo di spessore sarà formato da una perpendicolare $e f$ sopra $H K$. Questa forma di grossezza è più che sufficiente quando non trattisi che di un picciol tetto d'abbaino, perchè si vuole far soltanto la parte inferiore dei travicelli con picciole avviechie, senza piaghe a maschio e femmina.

Pei tetti più considerevoli, si prende per la larghezza della base $H e$, la sezione obliqua $g P'$ del puntone, figura 4, e si conduce, come sopra, $e f$ perpendicolare ad $H f$; si fanno nella faccia $e f$ delle piaghe per ricevere i maschi delle estremità dei correnti.

Certi carpentieri fanno il di sopra delle braccia della conversa parallelo alla parte inferiore $h e$, figura 7, dando allo spessore $e i$ quello di un corrente, in modo che la larghezza superiore sia grande abbastanza acciò che il taglio del corrente vi possa posar sopra. La figura 8 offre un altro mezzo ancora, che consiste nel tagliare la stessa faccia eguale allo spessore verticale dei correnti. Vi si praticano pure delle piaghe per ricevere i maschi de' correnti, come vedesi nelle figure 9, 10, 11 e 11 bis; ma potrebbe bastare di farvi delle tacche come nelle piane che ricevono il piede dei travicelli al basso dei tetti.

Se si vuole che le braccia della conversa poggino sopra le travi orizzontali che ricevono i travicelli del tetto minore, converrà, per avere l'allungamento dello spigolo superiore, osservare che deve trovarsi in un piano parallelo alla inclinazione del tetto su cui sono posati. Così, conducendo sul profilo del pendio, figura 3, una parallela ad una distanza eguale all'altezza dello spigolo f , sopra la linea $H e$, figura 6, ed innalzando dal punto C la perpendicolare $C m$, la parte $m n$ indicherà l'avanzamento nel punto della linea $B'' D'$, figura 6, sul prolungamento della quale si porterà da D in o . Per questo punto o si condurrà una parallela ad $A' C'$, che taglierà gli spigoli prolungati nei punti p e q , che indicheranno il loro allungamento, di cui si avrà la forma conducendo le linee $A' p$, $p M$ e $q R$, $q C'$.

Tagliate le braccia della conversa secondo la loro forma di grossezza, si taglieranno longitudinalmente secondo il profilo della loro sezione col mezzo delle perpendicolari $L s$, $L j$, $M r$, $R x$ prendendo gli avanzi degli spigoli, secondo queste linee.

Pei travicelli che devono formare le superficie inclinate del picciol tetto, si farà come d'ordinario lo sviluppo di queste superficie, figura 9, coi loro travicelli.

Siccome questi travicelli sono posati perpendicolarmente alla linea del mezzo BN , figura 2, rappresentante lo spigolo dell'asinello che non cangia di grandezza, così per fare questo sviluppo, figura 9, fatto che sia $B'''N''' = BN$, non si avrà che a stendere NP , NO , secondo le linee d'inclinazione del picciolo cavalletto, figura 4. Si faranno quindi le parallele $A''O''$ e $C''P''$ eguali ad AO , CP della figura 1, e si condurranno $A''B'''$ e $B'''C''$, che daranno l'insieme dello sviluppo sul quale si tratteranno i travicelli alla distanza come nella figura 2, colle loro unioni a maschio e femmina all'alto ed a maschio inferiormente, di cui $A'mtB'''$, $CrtB'''$, figura 9, indicano il di sopra sviluppato, facendo parte del pendio di questo picciol tetto.

In queste braccia di conversa si praticheranno delle piaghe per ricevere l'estremità dei travicelli terminati in maschio come vedesi dalle figure 10, 11 e 11 bis.

Il tracciamento di queste unioni non è più difficile di quelle dei travicelli comuni, ed anche meno, se si dà alle braccia di conversa la forma di grossezza indicata da hfe , figure 6 ed 8, ove si è fatta fe perpendicolare ad hf , in guisa che possono stabilirsi sullo sviluppo come un muro o un tavolato sulla sua proiezione.

Le converse sono talvolta cavalletti completi, come nella figura 1 della Tavola LXXVI, stese sul pendio del tetto maggiore e munite di monachi, di contraffissi, di chiavi, di puntoni e di saette. Ma conviene osservare che questi cavalletti non divengono difficili se non perchè si affetta male a proposito di fare tutti i pezzi di cui si compongono in isbieco inutile ed anche vizioso, poichè invece di accrescere la solidità ciò non tende che a diminuirla. Dovendo questi cavalletti essere compresi fra due faccie parallele, non vi possono essere che le braccia di conversa formanti puntone che abbiano bisogno di essere fatte in isbieco, perchè una delle lor faccie deve far parte del pendio del picciol tetto, come nelle converse semplici. E duopo soltanto che la forma di spessore di queste converse sia come quella della figura 6, compresa fra due faccie parallele he , fl , e che l'interna sia ad essa perpendicolare. Il resto diviene un cavalletto ordinario, tutti i pezzi del quale debbono unirsi in isquadra alla superficie del tetto su cui posa; e che perciò si traccia e si eseguisce come i cavalletti comuni stabilendole sopra la proiezione fatta secondo l'allungamento del pendio. Tutte le parti simili e corrispondenti di questo cavalletto essendo marcate colle stesse

cifre e lettere nei dettagli e nella proiezione, crediamo inutile, dopo ciò che si è detto precedentemente, l'aggiunger altro per l'intelligenza di questa specie di cavalletto.

Il picciol tetto è terminato da un asinello, in cui si uniscono i travicelli; questo mezzo che collega più solidamente il cavalletto inclinato col verticale e coi travicelli, ha pure il vantaggio di formare in una maniera più precisa e più solida lo spigolo superiore del picciol tetto.

CAPO TERZO

DEI TETTI A PIÙ SPIGOLI

BASTA questo genere di copertura presenti degl'inconvenienti a cagione delle doccie inescavate, nondimeno siccome la necessità può talora costringere a farne uso per padiglioni molto larghi e grossi, indicheremo il modo di farli più regolari e con minore svantaggio.

Sia un padiglione la cui pianta è rappresentata dal contorno ABCDEFGH della proiezione orizzontale, figura 1, Tavola LXXVII.

Si comincerà dal dividere ciascuna faccia in due parti eguali nei punti O, Q, P, R, pei quali si faranno passare i due diametri OP, QR, che si incrocieranno nel centro N, ove deve essere collocato il monaco di mezzo.

Per avere la posizione degli altri quattro monachi conviene immaginare che le quattro groppe sopra le faccie maggiori facciano parte del tetto piramidale, la cui punta corrispondente al centro N della pianta è elevata molto più del tetto che si vuol fare, in guisa che il suo profilo sulla linea OP sarebbe espresso da ON'P, e quello sulla linea QR da QN''R che hanno la stessa altezza.

Si porterà quindi l'altezza fissata per le quattro groppe, che deve essere la stessa; da N in b, e da N in c.

Da questi punti si condurranno le parallele ai diametri OP, QR che taglieranno le linee di pendio di tali profili, da una parte nei punti a e c, e dall'altra in d e in f.

Da questi punti si condurranno altre parallele agli assi NN''', NN che taglieranno le linee di mezzo OP, QR nei punti I, K, L, M le quali indicheranno sul piano di proiezione le sommità delle quattro groppe AKB, DLE, EMF ed HIA.

Le linee AK, KB; DL, LE; EM, MF; HI, IA, indicheranno i saetili delle quattro groppe, e le parti delle linee IL, KM, che s'incrociano nel centro N, gli asinelli delle parti di tetto formanti doccia che si riuniscono alle groppe; questi asinelli debbono essere a livello.

Le semidiagonali NA, NC, NE ed NG indicano gli spigoli rientranti

delle quattro doccie le inclinazioni delle quali sono indicate dai triangoli $GN'''C$, $AN'''E$.

I travicelli che si uniscono agli asinelli IL , KM saranno disposti perpendicolarmente ad essi: convien osservare che i travicelli non formeranno rombi concentrici perchè non possono riunirsi che sopra una delle diagonali concentriche CNG .

I travicelli delle groppe saranno paralleli alle linee KQ , IO , LP ed MR , il tutto come si vede rappresentato sul piano di proiezione, figura 1.

Per avere l'allungamento dei pezzi rappresentati in iscorcio in questa proiezione, si farà lo sviluppo delle superficie, figure 2, 3, 4 e 5, cercando la lunghezza degli spigoli che li terminano, come quelli dei saettili e delle doccie che debbono tutte avere una stessa altezza di pendio, poichè gli asinelli coi quali si uniscono sono a livello. A tale effetto basterà innalzare all'estremità A d'una linea orizzontale indefinita, una perpendicolare AB , figura 6, eguale a quest'altezza di declivio. Si prenderà quindi sulla pianta la lunghezza di ciascuno spigolo di cui si vorrà avere l'allungamento, si porterà sulla linea orizzontale, partendo dal punto A sopra AC , e si tirerà la linea di pendio dalla sommità B a questo punto, che esprimerà l'allungamento cercato. Così pel triangolo di groppa EFM , dopo aver portato EM da A in C ed FM da A in D si tireranno le linee BC , BD che esprimeranno gli allungamenti dei saettili EM , MF ; e siccome la linea di base EF non cambia lunghezza, si avranno i tre lati per fare lo sviluppo di questo triangolo.

Procedendo nello stesso modo si avrà lo sviluppo degli altri triangoli di groppa. In quanto ai trapezoidi, come $NGFM$ compresi fra i saettili e le doccie, si divideranno in due triangoli, con una diagonale, come MG , pei quali si opererà nel modo istesso.

Fatti questi sviluppi si descriverà sopra ciascuno i travicelli secondo le divisioni della proiezione in piano prese sulle linee a livello come sono quelle che rappresentano gli asinelli ed il contorno dello sgolo.

Queste specie di sviluppi, chiamati erpici, figure 2, 3, 4 e 5, rappresentano i travicelli in tutta la lunghezza; e servono a tracciare i tagli e le commessioni di essi pei processi testè indicati. Le altre figure all'intorno, disegnate più in grande, rappresentano i profili di grossezza degli asinelli e delle doccie colle loro unioni, tanto nel monaco del mezzo, quanto negli altri quattro e nelle piane inferiori.

Si dimostra in geometria che le figure simili di diverse grandezze hanno i loro angoli eguali, cosicchè non differiscono che per la lunghezza dei lati; d'onde risulta che in una figura che ne rappresenta una più grande, gli angoli corrispondenti sono gli stessi: dietro questo principio, per avere gli angoli che debbono formare il di sopra dei saettili, degli asinelli e delle doccie con maggior precisione, si sono cercati, colla proiezione in pianta, figura 1, questi angoli, con sezioni d'inclinazioni che formano gli spigoli delle doccie degli asinelli, e dei saettili, prese perpendicolarmente alle linee che rappresentano questi spigoli.

Così, pel profilo dell'incavamento della doccia marcata GN, si è portata sulla figura 6 la linea GN, figura 1, che rappresenta la proiezione dello spigolo rientrante del mezzo, e si è condotta BN esprimente la lunghezza in pendio di questo spigolo. Condotta quindi sul piano di proiezione, figura 1, una perpendicolare ad NG, terminata dai punti I ed M delle groppe che sono ad una stessa altezza, come il punto N, si è portata sulla figura 6, la distanza NG da B in d , e si è condotta dx perpendicolare a BN, ed ex perpendicolare ad AB. Portata quindi ex sulla proiezione, figura 1, da N in 5, si è formato il triangolo I 5 M, che rappresenta in iscorcio il profilo della sezione perpendicolare allo spigolo rientrante della doccia indicata da BN, figura 6.

Per avere lo sviluppo di questa sezione, dal punto 6, figura 8, che rappresenta questa doccia più in grande, indicata da G, si è elevata una perpendicolare eguale ad IM, divisa nella stessa ragione al punto 6, e si è portata dx della figura 6, da 6 in 5; finalmente si è formato il triangolo I 5 M che dà l'angolo dell'incavamento della doccia, preso perpendicolarmente alla sua lunghezza.

Per avere il profilo dell'asinello marcato LN sulle figure 1 ed 8, si è cominciato dal condurre sulla figura 1 le linee AC, EG ove terminerebbero le pendenze partendo dallo spigolo dell'asinello INL, senza gli avancorpi ABC, EFG. Prolungate quindi le linee L 11, L 12 fino all'incontro delle linee CA, EG, esse rappresenteranno la proiezione di una sezione perpendicolare allo spigolo dell'asinello, che sarà indicato da un triangolo la cui base espressa da una linea orizzontale eguale ad L 13 più L 14, e l'altezza eguale a bn che indica l'altezza dell'asinello.

Del pari, portata quest'altezza sulla figura 8, da L in P sul prolungamento dello spigolo NL, vi si eleva per questo punto una perpendicolare

su cui si porta L 13 da P in D, ed L 14 da P in E. Finalmente si è formato il triangolo E L D, il cui vertice dà il profilo superiore dell'asinello. Si è operato del pari per trovare il profilo delle altre doccie ed asinelli indicati dalle lettere I, A, K, C, E, M.

In quanto ai saettili si è operato in tal modo: per esempio, per quello indicato dalle figure 1. e 9, con L E, si è cominciato dal condurre per un punto determinato *m*; figura 1, una perpendicolare *gi* ad L E, quindi si è portata L E, da A in E, figura 6, per avere la linea di pendio BE; si è portata E *m*, della figura 1, da E in *m*, figura 6, e dal punto *m*, si è elevata una perpendicolare alla linea d'inclinazione B E, e dal punto *h* un'altra sopra A E; dopo aver portato *ck* sulla proiezione, figura 1, da E in *h*, si è formato il triangolo *gh i*, che indica la proiezione in iscorcio di una sezione perpendicolare alla linea di declivio del saettile di cui si è fatto lo sviluppo conducendo pel punto *h*, figura 9, una perpendicolare sulla quale si è portato *mi* da *h* in *i*, ed *mg* da *h* in *g*; portata quindi *mh*, della figura 6, da *h* in *b*, figura 9, si è formato il triangolo *gb i*, la cui parte superiore indica il profilo superiore del saettile preso perpendicolarmente alla sua lunghezza.

Si è operato del pari pel saettile L D. Il profilo degli altri saettili K B, K A; I A, I H; M P, M E si trova collo stesso processo.

La figura 10, indica l'effetto di questa specie di tetto chiamato a cinque spigoli, col mezzo delle ombre.

CAPO QUARTO

DEI TETTI CONICI

I fabbricati a base circolare sono d'ordinario terminati da tetti che presentano la forma di un cono. Le armature di legno formanti questa specie di tetto si compongono di puntoni principali a guisa di mezzi cavalletti riuniti superiormente in un monaco comune B, figure 1 e 2, Tavola LXXVIII, situato al centro, e al di sotto in una piattaforma circolare sovente doppia come C, D, i cui pezzi sono riuniti da traverse E, chiamate dai Francesi *blochets*. Il cerchio interiore serve a ricevere i travicelli che fortificano i piedi dei puntoni; i quali travicelli si chiamano *jambettes*. I puntoni sono anche sostenuti nella lunghezza da false chiavi F G riunite nel monaco.

L'intervallo fra i puntoni principali è riempito da altri il cui numero diminuisce a misura che la circonferenza va restringendosi dal basso all'alto.

Verso la punta l'estremità del monaco basta per formare la sommità del cono continuato fino ad una certa distanza ove i principali puntoni si congiungono.

Per ripartire egualmente quant'è possibile i puntoni intorno ad una superficie conica, si divide il tetto sulla sua altezza in uno o più ranghi di traverse (*lierres*) circolari fissate fra i puntoni principali, e destinate a interromper l'ordine delle divisioni a misura che il cono ha la base più larga, come vedesi in T ed in H, figura 2. L'uso e la solidità esigono che la distanza dei puntoni misurata al piede, non sia più di 15 in 18 pollici da un mezzo all'altro, tanto sopra ciascuna traversa quanto sopra la piattaforma ove termina il tetto.

Le traverse che riuniscono i puntoni possono essere considerate come parti di cono vuoto, le cui superficie dipendono da quattro cono diversi.

1.° La superiore *cb*, figura 3, fa parte di quella di un cono la cui sommità *a* è determinata dal lato *cb* prolungato fino all'asse.

2.° La superficie inferiore *ef* fa parte di quella di un cono la cui sommità è determinata da *ef* prolungata in *g*.

3.^a La superficie esteriore cf fa parte di un gran cono la cui sommità è in B .

4.^a La superficie interna $b e$ fa parte di un cono la cui sommità è in A .

Per formare questa traversa regolarmente, come se dovesse essere apparente in tutte le sue faccie, converrebbe prenderla in un pezzo di legno la cui lunghezza e la larghezza sarebbero espresse in pianta dal rettangolo 1, 2, 3 e 4, figura 4, e il suo spessore dalla distanza compresa fra le linee orizzontali 5, 6, 7 e 8 del profilo, figura 3.

Allorchè le parti superiore ed inferiore di questo pezzo sono bene appianate, si poserà orizzontalmente sopra il modello, e sul mezzo della sua lunghezza si condurrà una perpendicolare che passa pel centro p , elevato alla stessa altezza che ha la parte superiore del pezzo, in guisa che si abbia $pf = f$, 12 del profilo.

Da questo punto p , come centro, si descriverà un arco di cerchio con un raggio eguale a cg del profilo che esprimerà lo spigolo superiore della superficie conica esterna marcata c nel profilo.

Dallo stesso centro p e con raggi eguali a 5, 9 e 6, 9, si descriveranno due altri archi concentrici per esprimere gli spigoli superiori delle superficie cilindriche preparatorie, che debbono servire a trovar lo spigolo superiore della superficie conica dell'interno, marcata b nel profilo, e lo spigolo inferiore della superficie conica esteriore marcata f . Per avere lo spigolo inferiore della superficie conica dell'interno, marcata e , si volgerà il pezzo, e si opererà nel modo stesso che si è fatto per la superficie superiore, cioè dopo aver prolungata la perpendicolare condotta dal mezzo della lunghezza, si descriverà dal centro p un arco con un raggio eguale ad 11, e , che esprimerà lo spigolo inferiore della superficie conica indicata da b e nel profilo. Condotte quindi dal centro p le linee rette gh che determinano la lunghezza del pezzo comprendendovi i maschi, si formeranno le superficie cilindriche preparatorie che debbono essere verticali; su queste superficie si descriveranno delle parallele agli spigoli 5 e 6, che si terminano superiormente a distanze indicate da 5 f e 6 b del profilo. Tracciate queste linee e questi archi si avranno tutte le altre curve che debbono terminare le quattro superficie della traversa.

Per formare con più regolarità queste superficie, converrà dividere gli spigoli indicati nel profilo colle lettere c, f, e, b , ciascuno in uno

stesso numero di parti eguali, ed abbattere le masse triangolari $5, c, f, f, 7, c$; $e, 8, b$ e $b, c, 6$, andando in linea retta dai punti dello spigolo c a quelli dello spigolo f , e da questi ultimi a quelli dello spigolo b , e da b in c .

Sviluppate le superficie di questa traversa si traccieranno i maschi delle estremità k e la piaga del mezzo i , che deve ricevere la parte superiore del puntone intermedio, come vedesi dalla figura 4, il che non presenta veruna difficoltà.

Convien osservare che non è quasi mai necessario di fare altre superficie coniche, oltre quelle dell'esterno e dell'interno. Quindi la traversa precedente può essere formata in questa maniera: basterà prendere un pezzo più largo che alto, il quale sarà posto orizzontalmente come lo indica il profilo, figura 5; col processo dell'esempio precedente si traccieranno sulle superficie superiore ed inferiore, le curve che debbono formare gli spigoli indicati nel profilo dalle lettere c, f, e, b , e ciascuna dividerassi in parti eguali, onde posare il regolo per abbattere i triangoli mcf e ben , come si è poc' anzi spiegato.

Le riunioni dei puntoni, delle false-chiavi, dei puntelli e delle piatteforme, non esigono spiegazione particolare; basta averle indicate nelle figure 1 e 2.

Molti autori, e fra gli altri Mathurin Jousse, indicano nei loro modelli tante false-chiavi quanti sono i puntoni; ma questa ripetizione è inutile; ed anche nel caso che formassero soffitta basterebbe metterle ogni due puntoni, come è indicato nella figura 6.

Tutto ciò che si è detto per un tetto formante un cono intero, può applicarsi ad una parte di tetto formante un mezzo cono, come il tetto del coro di una chiesa, nell'unirsi a quello delle navate, come lo indica in pianta la figura 7, ed in generale ad una parte di cono qualunque, regolare o irregolare, retto od obliquo.

Quando la base o la sezione orizzontale del cono da formare presenta una curva diversa dal cerchio, il mezzo più semplice e più spedito è quello di levarne la sagoma sul modello onde descriverla sul pezzo di legno. Le curve rappresentanti gli spigoli delle superficie coniche essendo divise in parti eguali o proporzionali, daranno i punti per applicare il regolo e formare le superficie, abbattendo le parti triangolari come abbiamo spiegato per le traverse dei coni retti.

Tetto conico tagliato da un muro verticale.

La superficie di un tetto conico che incontra un muro verticale forma su questo una curva conosciuta sotto il nome d'iperbola, di cui si è parlato nel libro III, ove si dà la maniera di descriverla; ma puossi descrivere esattamente del pari col metodo ordinario della proiezione usato pel taglio delle pietre e dei legni.

La figura 9 indica il profilo perpendicolare al muro che taglia il tetto conico. La parte tolta G C S, è divisa in sette parti eguali nei punti 1, 2, 3, 4, 5 e 6 pei quali si suppone che passino dei cerchi paralleli alla base, tutti i centri dei quali si trovano sull'asse B H, e che formano in pianta, figura 10, archi concentrici tagliati dalla linea Q R che rappresenta la proiezione della superficie del muro elevato perpendicolarmente su questa pianta. Per rendere più distinta l'operazione si è condotta dal punto C' della base in pianta, una parallela indefinita a Q R, una parte C N della quale, figura 9, rappresenta il profilo della faccia del muro, e l'altra Q' R', la base di questa faccia rilevata da C' in N' figura 11.

Da tutti i punti 1, 2, 3, 4 ecc. ove gli archi concentrici incontrano la linea Q R, e dal mezzo di questa linea si sono elevate delle perpendicolari indefinite sulle quali si sono mandate col mezzo di parallele ed archi di cerchio, le altezze corrispondenti della linea di profilo C N eguale ad S G, figura 9. Pei punti d'incontro Q', 6'', 5'', 4'', 3'', 2'', 1'', N', 1''', 2''', 3''', 4''', 5''', 6''', R', si è tracciata la curva iperbolica formata dall'incontro del muro colla superficie del tetto conico. Tutti i rimandi sono indicati colle stesse cifre acciò si possa meglio seguire le operazioni.

Se i puntoni del tetto non devono essere chiusi nel muro, formante il taglio, vi si metterà contro un cavalletto rappresentato dalla figura 11, il cui contorno è formato da due iperboli eguali e parallele che comprendono la sua grossezza. Questo cavalletto può essere considerato come una conca posata lungo il muro per ricevere una grondaia verticale.

Tetto conico tagliato da un piano obliquo.

Quando un tetto conico incontra la faccia inclinata di un altro tetto, la curva che ne risulta può essere un'ellissi, una parabola od un'iperbola.

Sarà un'ellissi se il pendio del tetto conico *ABC*, figura 12, è maggiore di quella del tetto retto *DF*; sarà una parabola se l'inclinazione *EG* del tetto retto è eguale a quella del tetto conico; finalmente se l'inclinazione del tetto retto *HI* è più ripida di quella del tetto conico, la curva formata dal loro incontro è una iperbola. D'altronde qualunque sia la curva prodotta dalla sezione del cono con un piano, la maniera di descriverla è sempre la stessa.

La figura 13 della stessa tavola rappresenta il profilo di un tetto conico tagliato da una superficie inclinata che si indica dalla linea *NS*.

Per avere la curva risultante da questa sezione si è divisa la parte *ANS* levata dal còuo, con parallele alla sua base espresse in pianta da archi di cerchio, figura 14. Le estremità di questi archi sono determinate da perpendicolari abbassate dai punti *N, G, 7, 8, 9, 10* ed *S*. Per questi punti si è descritta una curva che è la proiezione in iscorcio di quella formata dall'incontro delle superficie di due parti di tetto.

Per avere questa curva in tutta la sua estensione, si sono condotte dai punti *S', 10', 9', 8', 7', 6', N', 6'', 7'', 8'', 9'', 10'', S''*, delle perpendicolari indefinite alla corda o base *S', S''*, sulle quali si sono riportate con archi di cerchio e parallele, le altezze corrispondenti *S, 10, 9, 8, 7, 6, N* del profilo, figura 13, che hanno dato i punti *S''', 10''', 9''', 8''', 7''', 6''', N''', 6'''', 7'''', 8'''', 9'''', 10'''*, *S'''*, pei quali si è fatta passare una curva che è quella formata dal cono sulla superficie inclinata che incontra, e che indicherebbe lo spigolo inferiore di una conversa se i pezzi componenti quest'armatura facessero parte del tetto conico; ma se dovessero far parte del tetto retto, possono essere formati semplicemente di pezzi retti larghi abbastanza per potervi tracciare la curva di cui abbiamo parlato, e ricevere il piede dei punti, come lo abbiamo indicato nella figura 15.

Quando la conversa dev'essere collocata sul pendio del tetto retto, e far parte del tetto conico, fa d'uopo per avere la curva che deve formare lo spigolo superiore, condurre sul profilo, figura 13, una parallela ad *NS* che indica il suo spessore, e secondo questa linea *nO* tagliata dalle divisioni stesse di *NS*, si abbasseranno altre parallele all'asse *BO* prolungate sulla figura 14, per determinare come per la linea *NS*, le estremità degli archi concentrici che daranno, facendo passare una curva per tutti questi punti, la proiezione accorciata dello spigolo superiore.

Per avere il suo sviluppo, si condurranno dai punti S' , $10'$, $9'$, $8'$, $7'$, $6'$, n' , $6''$, $7''$, $9''$, $8''$, $10''$, S'' , delle parallele indefinite ad N' , N'' , figura 14, e 15, sulle quali si porteranno partendo dalla linea S' , S'' , le altezze corrispondenti 0, 10, 9, 8, 7, 6 ed n , prese sulla linea nO , figura 13, oppure si troveranno con archi e parallele come si è indicato.

Per tagliare la superficie conica di questa conversa, convien tracciare queste due curve sui pezzi di legno che la compongono, servendosi per maggiore facilità, di sagome levate sul modello; si leverà quindi il legno da una curva all'altra dirigendosi ad un punto B , che indica la sommità del cono. Perciò si poserà la conversa sul modello in modo che l'asse corrisponda alla linea OB , come si vede indicato dalla figura 13, supponendo la linea OB orizzontale.

Si possono anche marcare su ciascuna curva i punti ove corrispondono le linee rette tendenti alla sommità del cono. Per trovarli, si condurranno da tutti i punti che hanno servito a tracciare sul modello la curva inferiore indicata dalla retta NS , figura 13, e nella figura 14 dalla curva $S'N'S''$, delle linee alla sommità del cono B , figura 13, o al centro D , figura 14, che vi corrisponde. Queste linee marcheranno sull'altra curva indicata da nO sulla figura 13, e sulla figura 14 da $S'n'S''$, i punti corrispondenti delle linee che tendono alla sommità del cono, i quali si trasporteranno sulle curve tracciate sui pezzi di legno, onde levare il legno col regolo da un punto all'altro.

Tetto conico penetrato da un tetto retto a due pendenze.

L'incontro di queste due specie di tetti produce due spigoli rientranti che formano un angolo curvilineo, figura A, Tavola LXXIX.

La curva di questi due spigoli sarà, come si è spiegato per l'esempio precedente, una parabola, se le pendenze dei due tetti sono eguali; sarà un'ellissi quando l'inclinazione del tetto conico sia maggiore; ed un'iperbola se è più picciola, come vedesi dalle figure B, C, D.

Un tetto a due pendenze può incontrare un tetto conico in una infinità di direzioni diverse; ma quella che più conviene alla solidità, alla regolarità ed al buon effetto, è quando lo spigolo dell'asinello del tetto a due pendenze si dirige all'asse del tetto conico.

Le figure 1, 2 e 3 presentano questa disposizione in alzata, in profilo ed in pianta.

Per avere i punti delle curve, si sono divise queste tre proiezioni in parti orizzontali di eguale spessore, con linee formanti tagli paralleli sul tetto retto, e con archi concentrici sul tetto conico, indicate dalle stesse cifre sulle diverse figure.

Nella proiezione in pianta, figura 3, le intersezioni delle parallele del tetto a due pendenze cogli archi concentrici del tetto conico sono quelle che determinano i punti h, i, k, l, m, n della curva DkE , formata dall'incontro della superficie dei due tetti.

Per esprimere questo spigolo nel profilo, figura 2, si sono elevate da tutti i punti della sua proiezione D, h, i, k, l, m, n , figura 3, delle perpendicolari fino all'incontro delle divisioni corrispondenti, prese sulla figura 1, indicate con parallele nella figura 2; ciò ha dato la curva $E'n', m', l', h', i', k', D'$.

La larghezza dei pezzi o converse formanti l'accordo di questi tetti, facendo parte del tetto a due pendenze, le sole superficie che debbono accordarsi col tetto conico hanno bisogno di esser curve come anche gli spigoli che le racchiudono. Gli altri spigoli essendo retti, bastano i punti delle loro estremità per tracciare la loro proiezione o il loro sviluppo.

In quanto alla larghezza del di sopra si è cominciato dal fissare i due punti e, d sul profilo, figura 2, pei quali si è condotta la linea retta ed .

Per indicare questa larghezza nella proiezione in pianta, figura 3, si sono abbassate dai punti e, d della figura 2, le perpendicolari che hanno determinato sulla figura 3 i punti corrispondenti e', d' , pei quali si è condotta una linea retta formante colla curva DkE , la parte superiore d'uno dei bracci della conversa.

Questo braccio avendo una doppia inclinazione, la faccia retta che esprime il suo spessore dalla parte della linea e', d' , deve apparire sulla proiezione orizzontale, figura 3.

Per trovare la linea $b'o$ che lo termina, si è preso sull'alzata, figura 1, che dà la proiezione verticale della conversa veduta di faccia, il suo spessore Ab tagliato obliquamente, il quale si è portato da d' in b' sulla linea $d'p$, figura 3, rappresentante la base Ap della figura 1; pel punto b' si è condotta la parallela $b'o$ a $d'e'$ per esprimere la grossezza della conversa chiusa fra queste parallele.

Dai punti 1', 2', 3', 4', 5', 6' si sono condotte su questa grossezza

delle parallele alla base $d'p$, che indicano con quelle del di sopra, la divisione di questo braccio di conversa in pezzi orizzontali corrispondenti a quelli indicati sulle figure 1 e 2.

Per marcare queste divisioni sulla faccia inferiore della conversa, dai punti 7, 8, 9, 10 ed 11 dello spigolo inferiore della faccia di grossezza, si sono condotte delle parallele alle divisioni del di sopra fino ai punti d'incontro degli archi di cerchio concentrici, prolungati ai punti b'' , 14, 15, 16, 17, 18 ed e' , pei quali si è fatta passare una curva rappresentante lo spigolo inferiore della conversa, che deve accordarsi col tetto conico.

Queste linee, che formano quadrilateri mistilinei, indicano la forma della grossezza di ciascuna divisione.

Considerando quindi che nelle figure 1, 2, 3, la lunghezza del braccio di conversa è rappresentata in iscorcio, si è voluto dare nella figura 5 la conversa in tutta la sua estensione; perciò si è supposto che il pezzo di cavalletto, figura 4, che rappresenta una proiezione verticale delle converse, abbia ruotato intorno al punto C, in guisa che AC sia divenuta parallela alla linea di base $p'A$, e siccome in questo movimento tutte le parti e le divisioni di questo braccio conservano la loro forma e la loro posizione rispettiva, se ne è servito come di un profilo per avere il suo sviluppo, conducendo delle perpendicolari ad $A''C'$ per tutti gli angoli ed i punti di divisione.

Considerando inoltre che la proiezione verticale espressa dalla figura 1, non rappresenta che uno scorcio della faccia inclinata delle converse, noi l'abbiamo considerata come un piano verticale indicato nel profilo, figura 2, colla linea cd , e nella pianta con $d'p$.

Secondo le linee che rappresentano questa pianta si sono misurate su ciascuna divisione le distanze degli angoli e dei punti della curva che si accorda col tetto conico. Per questa operazione si è cominciato dal condurre ad $A''C'$, figura 4, una parallela $d''p''$ per rappresentare la proiezione del piano verticale; presa quindi sulle figure 2, o 3, la distanza dell'angolo e formato dagli spigoli retti del di sopra della conversa, si è portata da p'' in e'' , e si è condotta la linea $d''e''$, che indica questo spigolo in tutta la sua estensione.

Per lo spigolo curvo si sono prese sulle stesse figure 2, o 3 le larghezze e E' , $6n'$, $5m'$, $4l'$, $3k'$, $2i$, dD' , che si sono portate sulle divisioni corrispondenti, figura 5, e si è tracciata la curva D'' , h , i , k , l , m , n , E'' ,

che esprime in tutta la sua estensione lo spigolo della parte superiore del braccio di conversa che deve accordarsi colla superficie del tetto conico.

Per rappresentare la proiezione della faccia retta formante lo spessore di queste converse, indicato nella figura 3 colle linee $b'o'd'e'$, e colle divisioni corrispondenti alla faccia del di sopra, si è considerato che questo braccio di conversa, standosi per disporsi sopra un piano orizzontale, ha un doppio movimento, il quale fa sì che lo spigolo retto $c'd'$ ruoti indietro per prendere la posizione $e's$; d'onde risulta che le parallele tracciate sulla faccia di grossezza provano un cangiamento di direzione indicato dall'angolo $d'c's$. Per esprimerlo sulla figura 5, si è condotta una linea $d''g$, che fa con $d'p''$ un angolo eguale a $d'c's$ della figura 3; questa linea esprime la direzione che prende la base; quindi dal punto b'' , ove la perpendicolare condotta dal punto b della figura 4 incontra questa linea, si è condotta una parallela a $d''e''$, per indicare la proiezione della faccia di grossezza; finalmente da tutti i punti di divisione 1, 2, 3, 4, 5 e 6 dello spigolo $d''e''$, si sono condotte delle parallele a $d''g$ per esprimerli su questa faccia.

Per la faccia inferiore si sono condotte dai punti 7, 8, 9, 10, 11 ed o delle parallele alle linee di divisione del di sopra, sulle quali si sono portate le larghezze corrispondenti $o'e'$; 11, 18; 16, 17; 9, 16; 8, 15; 7, 14; $b'b''$, prese sulla figura 3.

Per indicare le divisioni sulla proiezione della faccia curva che deve unire il tetto conico, si sono riuniti i punti e'', n ; 18, m ; 17, l ; 16, k ; 15, i ; 14, h e b'' , D'' , con linee sensibilmente curve che devono essere parti di ellissi.

La riunione delle linee di divisione tracciate su ciascuna faccia, dà, come nella figura 3, dei quadrilateri mistilinei che indicano la forma di grossezza a ciascuna divisione.

Abbiamo detto precedentemente, parlando delle converse, che il metodo più facile e più semplice per eseguirle, è quello di formare un prisma cui non trattasi che di tagliare longitudinalmente secondo il profilo delle sezioni in ragione del loro aggregato. Perciò non occorre che la forma di grossezza tagliata perpendicolarmente alla lunghezza di ciascun braccio. Ma siccome la larghezza di questi varia a ciascuna divisione, si prepara un pezzo di legno a cui si darà una grossezza eguale a quella che è compresa fra le parallele CA ed $o b$, figura 4, ed una

lunghezza eguale ad $E''r$; fa d'uopo che la sua larghezza da un espo possa portar quella indicata da qr , e dall'altro quella indicata da pE'' , figura 5. Poscia, dopo aver appianato un lato a squadra colle faccie, si traccierà sulla superiore, ad una distanza dallo spigolo eguale a qd' , una parallela per indicare lo smagritimento che deve provare questo pezzo, abbattendo la parte di legno triangolare bqd , figura 6, compresa fra questa linea e lo spigolo inferiore b . Per tracciare gli spigoli curvi delle faccie superiore ed inferiore, si condurranno, come per la figura 5, delle parallele, su ciascuna delle quali si porteranno le larghezze corrispondenti, partendo dagli spigoli retti b'' , o' , e d'' , e''' , e per tutti questi punti si traccieranno le curve che debbono formare questi spigoli, con un regolo pieghevole. Si può anche levare una sagoma sul modello per descriverle in un modo più comodo e preciso.

L'operazione più difficile è quella di formare la superficie conica compresa fra le due curve. Siccome le superficie dei conì possono essere egualmente prodotte da circonferenze concentriche, che diminuiscono in progressione aritmetica dalla base fino alla sommità, o da linee rette che vanno dalla sommità alla circonferenza della base, ne risultano due maniere di operare.

Dietro la prima ipotesi, sulla superficie preparatoria indicata dalle linee rette formanti le corde delle curve D'' , E'' , e 13 , e''' , si condurranno delle parallele che si accordino con quelle tracciate al di sopra e al di sotto; quindi si traforeranno dietro le circonferenze concentriche altrettanti cerchi diversi quante sono le divisioni per formare la curvatura corrispondente a ciascuna, e si abatterà il restante in accordo; ma questo modo è lunghissimo, e difficile per la pratica.

L'altra ipotesi fornisce un mezzo molto più semplice: adoperando le divisioni del di sopra si condurranno sulla proiezione in pianta, figura 3, pel centro C e pei punti di divisione D , h , i , k , l , m , n ed E , delle linee rette fino all'incontro della curva inferiore, e si riporteranno questi punti sulla curva corrispondente della conversa sviluppata per tracciare queste linee, sulle quali si poserà il regolo per abbattere il legno da una curva all'altra, e formare la superficie più esatta che per l'altro mezzo.

*Aperture rettangolari praticate nei tetti conici, per abaini
o canne da cammini.*

Se in un tetto conico si pratica un'apertura rettangolare come A B C D, figure 1 e 2, Tavola LXXX, i lati A B, A D che non tendono alla sommità del cono, debbono formare spigoli curvi all'incontro della superficie conica: e siccome trattasi sempre di un cono retto nei tetti di questo genere, le curve di questi spigoli sono parti d'iperbola. La maniera di descriverle è indicata dalle figure 1, 2 e 3: ed è la stessa che si è poc' anzi spiegata parlando dei tetti conici tagliati da un muro verticale.

Nelle figure 1 e 2, il mezzo dell'apertura rettangolare si dirige all'asse del cono, le aste A B, C D sono formate da due travielli che si uniscono nei puntoni E, F, e nella piatta-forma G.

La traversa superiore B C si unisce nei puntoni, e l'inferiore A D nelle aste B A, C D.

Queste traverse curve potendo essere considerate come traverse comuni dei tetti conici, si traccieranno coi processi testè spiegati.

In quanto alle aste i cui spigoli devono essere parti d'iperbole si sono supposte, come per gli esempi precedenti, delle divisioni orizzontali indicate dai numeri 1, 2, 3, 4 — 13, nelle proiezioni verticali, figura 1, ed orizzontali, figura 2, eol mezzo delle quali si è tracciato il profilo, figura 3, che esprime queste iperbole e le faccie delle aste.

Nelle figure 4 e 5 una delle aste dell'apertura è formata da un puntone, e l'altra da un travicello ad esso parallelo. La traversa superiore si unisce come nell'esempio precedente nei due puntoni; e l'inferiore da una parte in un puntone e dall'altra nel travicello che forma l'altra asta. Questa disposizione non presenta difficoltà maggiore di quella dell'esempio precedente.

Il travicello che forma l'asta ha qui pure, come nel precedente esempio, di spigoli curvi che sono parti d'iperbola, della quale si sono trovati i punti collo stesso processo indicato dai numeri 7, 8, 9, 10, 11, 12, e 13, ripetuti nella pianta, figura 5; nell'alzata, figura 4, e negli sviluppi, figura 6, colle linee d'operazione.

Nelle figure 7 e 8 si è rappresentato un'apertura disposta irrego-

larmente, in modo che gli spigoli delle aste sono parti d'iperbole, e le traverse parti d'ellissi di varie curvature. I punti per formare questi spigoli si trovano cercando la posizione di ciascuno nell'alzata, nelle piante e nel profilo e sviluppo, col mezzo delle parallele, delle verticali e delle orizzontali, condotte dall'alzata sulle piante, e da questa sul profilo, come si vede indicato dalle figure 7, 8 e 9 cogli stessi numeri.

Aperture rotonde praticate in tetti conici.

Qualunque sia la curvatura di tali pertugi, puossi immaginare che sieno formati da solidi che penetrano il cono secondo una direzione data.

Se i lati del solido formante quest'apertura sono paralleli all'asse, esso sarà un cilindro; ma se vanno pendendo verso il di fuori o verso l'interno, il solido sarà un cono.

I cilindri ed i cono che si penetrano perpendicolarmente od obliquamente, formano al loro incontro delle curve a doppia curvatura che non si possono descrivere che sopra le superficie di uno di questi solidi. Frezier distingue queste curve con una terminazione tratta dal latino *imbrex*, tegolo incavato, onde chiama *cycloimbre* (1), *cicloimbro*, la specie di cerchio curvo formato sulla superficie di un cilindro da un altro più piccolo che lo penetra in modo che i loro assi s'incrociano perpendicolarmente.

Quando gli assi di questi cilindri s'incontrano obliquamente, ne risulta un'ellissi incurvata essa pure, e ch'egli indica col nome di *ellissimbro*. Egli chiama *ellissoidimbro* la specie d'ellissi incurvata, proveniente dalla penetrazione di un cono in un cilindro o da due cono, sia che i loro assi s'incontrino perpendicolarmente od obliquamente, perchè questa curva differisce dall'*ellissimbro* che risulta dall'incontro obliquo di due cilindri le cui superficie sono formate di linee parallele all'asse; mentre quella dei cono è formata da linee che tendono tutte ad uno stesso punto, il che diminuisce od aumenta le larghezze o le ordinate dell'ellissi curva ch'egli indica colla voce *ellissoidimbro*.

Se si descrive con un compasso un cerchio sulla superficie di un

(1) Abbreviazione della frase latina *circulus imbricatus*, cerchio in forma di tegolo incavato. Questa terminazione che fa evitare le perifrasi e le parole equivocate, ci parve meritare la preferenza sulle denominazioni impiegate da diversi autori precedenti a lui. Noi l'abbiamo adottata nella nostra stereotomia.

sono o di un cilindro, la curva non sarà nè un cerchio nè un *cicloimbro*, perchè il diametro che trovasi in senso ove la superficie di questi solidi è piana, sarà maggiore di quello che gli sarebbe perpendicolare; perchè quest'ultimo essendo nel senso della curvatura, sarà composto di due raggi che sono le corde della metà dell'arco corrispondente a questo diametro, e formante una linea spezzata; mentre l'altro diametro è composto di due raggi che formano una linea retta. Questa curva potrebbe essere indicata col nome di *cicloidimbro*.

Il processo per descrivere ciascuna di queste curve sulla superficie dei coni o dei cilindri penetrati, come anche il loro sviluppo e le proiezioni verticali ed orizzontali, è lo stesso.

Quando il cilindro od il cono che forma il vuoto di un'apertura in un tetto conico, Tavole LXXXI, ed LXXXII, incontra perpendicolarmente l'asse di questo tetto, la forma primitiva deve tracciarsi sopra un piano verticale perpendicolare alla direzione del cono o del cilindro che forma il vuoto dell'apertura, figura 1 e 5; ma se quest'asse è parallelo a quello del tetto conico, la forma primitiva sarà espressa sulla pianta o proiezione orizzontale, figura 9. Questa forma, essendo rappresentata sopra una di queste proiezioni, come anche la posizione dei pezzi di legno che debbono formarla, si descriverà sull'altra col mezzo delle verticali elevate od abbassate dai punti della figura primitiva, e delle orizzontali condotte dai punti corrispondenti del profilo, rimandate su questa proiezione con archi di cerchio che colle loro intersezioni daranno i punti necessari per descrivere la forma secondaria dell'apertura, figura 2, 6 e 10.

Per gli sviluppi si prenderanno sul profilo le larghezze o distanze dalla base, e le larghezze sulla pianta, le prime delle quali s'indicheranno con linee rette condotte alla sommità dello sviluppo del cono, e le seconde con archi di cerchio concentrici, le cui intersezioni daranno i punti necessari per descrivere su questo sviluppo l'apertura ed i pezzi de' quali si compongono, figure 3, 7 ed 11.

Nelle figure A, 1, 2, 3, 4, Tavola LXXXI, si è supposto che l'asse del cilindro o del cono orizzontale, Tavola LXXXII, che forma l'apertura, incontri perpendicolarmente quello del tetto conico.

Nello figure B, 5, 6, 7 e 8, Tavola LXXXI, il cilindro, o il cono Tavola LXXXII, formante l'apertura, è pure orizzontale, ma il suo asse non incontra punto quello del tetto conico.

Le figure C, 9, 10, 11 e 12 rappresentano un'apertura formata da un cilindro, Tavola LXXXI, o da un cono verticale, Tavola LXXXII, nel tetto conico.

Le figure 4, 8 e 12 indicano il profilo dell'apertura, tagliato da un piano verticale, indicato in ciascuna figura dalle linee 1 ed 8; fa duopo rimarcare che nelle figure 5, 6, 7 e 8, il piano verticale della sezione non passa punto per l'asse del tetto conico.

In tutte le figure di queste due Tavole i punti corrispondenti si sono indicati colle stesse cifre e lettere, onde se ne possano seguire le operazioni partendo dalle figure primitive 1, 5 e 9.

L'esecuzione dei pezzi formanti le tre specie di aperture, espresse in queste Tavole, può farsi dietro gli sviluppi, figure 3, 7, e 11.

Le traverse B C, D E, si traccieranno coi processi testè indicati per quelle dei tetti conici.

I pezzi ascendenti, come pure le traverse, sono formati di legno, alquanto più forte dei puntoni comuni, per praticarvi una bozza per servire di rinforzo ai sostegni o cantonali che riempiono gli angoli e formano la curvatura dell'apertura.

Il mezzo migliore, più facile e meno dispendioso per formare questi pezzi che sono arcuati in pianta ed in alzata, è quello d'accomodare al di sopra e al di sotto delle curve di tavole scorniciate secondo i cerchi superiore ed inferiore, che passano per le loro estremità. Formate le superficie coniche, interne ed esterne, si traccieranno dentro e fuori, secondo lo sviluppo, le parti di curve che debbono formar l'apertura; si abatterà quindi il legno da una curva all'altra per formare la superficie dello spessore, e si terminerà col fare le commesse a maschio e femmina, come vedesi indicato delle figure 13, 14 e 15, che rappresentano una di queste curve per ciascun esempio espresso in queste due Tavole.

Le operazioni indicate in queste due Tavole non differiscono se non in questo che nella Tavola LXXXI, le aperture essendo formate da cilindri, le superficie curve formanti lo spessore di esse sono indicate da rette parallele all'asse dei cilindri; mentre nella Tavola LXXXII, le aperture essendo fatte da con, queste superficie di grossezza sono indicate da linee che tendono alla sommità del cono. D'altronde, siccome le operazioni si fanno collo stesso processo, non si è data che una spiegazione sola per le figure di queste due Tavole, la quale conviene del pari all'una ed all'altra.

DEI TETTI A SUPERFICIE CURVE SULL'ALTEZZA
E RETTE SECONDO LA LUNGHEZZA.

Questi tetti presentano all'esterno l'apparenza delle volte a botte estradossate. La curva o centinata che forma le superficie esterne di esse, può essere circolare, ellittica o formata da una curva qualunque; finalmente se ne vedono di quelli la cui curvatura è a doppia inflessione, chiamati tetti all'imperiale. Le figure 1, 2, 3, 4, e 5, della Tavola LXXXIII, indicano i profili di queste diverse specie di tetti. È facile riconoscere ch'essi debbono comporsi di cavalletti simili a quelli dei tetti comuni; e che i soli puntoni sono tagliati secondo la curvatura dei tetti.

Quando i tetti non sono molto larghi e si dà uno spessore più grande ai puntoni formanti le curve, si può prescindere dai monachi, dai contraffissi ecc., non conservando che una falsa chiave nel punto ove la curva superiore e l'inferiore si riuniscono, figura 6.

Nei tetti formati ad arco gotico, come in questa figura, la serie delle chiavi potrebbe formare un soffitto che darebbe inferiormente un piano alla Mansarde, e al di sopra un granajo senza monachi.

Convien osservare che la curvatura dei puntoni dà alle chiavi maggior rigidità in guisa che possono essere assai più lunghe senza aver bisogno di sostegni; ma se non vuoi dar ad esse che poca lunghezza, invece di correnti si possono riunire i puntoni nelle traverse di eguale spessore, come vedesi indicato dalla figura 7.

Quanto alle curve delle converse, diagonali e saettili formati dall'incontro delle superficie di questi tetti, non trattasi che di cercare il loro allungamento secondo la curvatura primitiva, dividendo le parti di base corrispondenti in uno stesso numero di parti eguali, e portando sulle perpendicolari elevate dai punti di divisione le ordinate della curva primitiva, come vedesi dalle figure 8 e 9. Ma siccome i pezzi di legno che debbono formare queste curve non contengono sovente che una piccolissima parte della superficie d'incontro, prendesi per base la linea C I, che passa per le due estremità del pezzo che vuoi tracciare, come si vede dalla figura 10.

Condotte su questo pezzo le parallele corrispondenti alle ordinate della curva di elevazione descritta sul modello, si porteranno su queste

parallele le altezze delle ordinate partando della linea IC, che forma la base rapporto al pezzo di legno, e pei punti ch'esse daranno si descriverà la curva d'alzata.

Sarebbe inutile ritornar qui su quanto abbiain detto alle pagine 15, 18 e seguenti circa le operazioni necessarie per indicare il modo di trovare lo spigolo sagliente nei saettili e lo spigolo rientrante nei diagonalì e nelle converse, visto che la differenza di forma nei tetti non apporta veruna mutazione nell'andamento di queste operazioni.

OSSEVAZIONE

Le superficie dei tetti di cui abbiamo parlato possono considerarsi come composte di una infinità di linee rette parallele nel senso della lunghezza, che riuniscono le curve formanti la larghezza, come vedesi indicato dalle figure 12 e 13.

Quando i muri che debbono sostenere i tetti di questo genere non sono punto paralleli, le curve formanti il profilo di essi sulla larghezza, cangiano ad ogni punto, come questa larghezza; in tal caso, le linee rette che vanno da una curva all'altra non sono punto parallele nella proiezione orizzontale, figura 14, benchè sieno tutte a livello nell'alzata sulla lunghezza, figura 15.

Questa formazione di superficie curva con linee rette che passano pei punti corrispondenti delle curve che esprimono il loro profilo sulla larghezza, procura un mezzo semplicissimo pel tracciamento delle curve, che debbono formare i puntoni, i saettili, i diagonalì e le converse, che possono entrare nella composizione di queste specie di tetti; perciò, dopo aver diviso la base della sezione o profilo formante la curva primitiva in un numero di parti eguali, ed elevate delle verticali per tutti i punti fino all'incontro di questa curva, basta ripetere le divisioni nello stesso ordine, sulla base dei piani per dove si vuol ottenere un nuovo profilo: elevando quindi, come precedentemente, per tutti questi punti, delle perpendicolari indefinite, su ciascuna di esse si porteranno le altezze delle linee corrispondenti, prese sulla curva primitiva; e i punti d'intersezione saranno altrettante tracce della curva che si vuol conoscere. Questa operazione, che non aver bisogno che d'essere indicata, perchè si conoscesse, è rappresentata dalle figure 16, 17 e 18.

SEZIONE SECONDA

PRINCIPI DELLE COSTRUZIONI PERMANENTI IN LEGNO

CAPO PRIMO

DELLE FACCIATE E TRAMEZZE DI LEGNO E DE' PALCHI O SOLAI

Le tramezze e facciate di legno sono specie d'intelaiature di legname le quali suppliscono i muri tanto per formare il corpo degli edifici quanto per dividerli internamente, nei paesi ove l'abbondanza dei legni può farli preferire a materiali più durevoli ma più costosi a cagione della loro rarità, come sono le pietre ed i mattoni.

S'impiegano comunemente le facciate di legno per l'esterno delle case verso i cortili (1), per le piccole ale di poca importanza, e pei diversi accessorj d'un edificio.

Le tramezze di legname sono usitatissime nell'interno dei fabbricati, e di grande comodità per le distribuzioni, giacchè per esse si risparmia lo spazio.

Prima di entrare in verun dettaglio sulle costruzioni di questo genere è essenziale osservare dapprima che le facciate e le tramezze di legno non hanno quasi nessuna stabilità per sè stesse, in causa del poco spessore, di modo che non si sosterebbero punto se fossero isolate, ed hanno bisogno di essere collegate coi muri o tramezze in giro e coi palchi, mentre un muro può sostenersi senza questo mezzo. Quand'anche si desse ad una facciata di legno la stessa grossezza di un muro, siccome il suo peso specifico non è che la metà di quello di un muro in pietra, sarebbe stabile meno di una metà di esso.

La maniera di costruire le tramezze e le facciate di legno con

(1) Con giusta ragione, come potersi giudicare da ciò che segue, sono state pubblicate diverse ordinanze in varie epoche che ne proibiscono l'uso sulle vie pubbliche.

pezzi congiunti posati orizzontalmente, come si pratica in Russia ed in altri paesi al nord della Germania, rappresentati dalle figure 5 e 6 della Tavola LXXI, ha il vantaggio di procurare agli edifici costrutti in legno una maggiore stabilità per le commessioni a metà legno che riuniscono i pezzi di uno stesso rango alle loro estremità; ma questa maniera che importa una quantità di legname più che doppia non può convenire che nei paesi ov'è abbondantissimo.

Le tramezze e le facciate di legno formate di travi posati in picoli hanno bisogno di essere unite da pezzi orizzontali o piattafirme nelle quali debbon essere piantati i travi verticali, e la stabilità di esse è in ragione della maggiore o minor distanza che hanno fra loro tali piattafirme.

La distribuzione più comune dei pezzi nelle facciate e nelle tramezze di legname, è quella chiamata *a giorno*, come indicano le figure 1, 2, 3 e 4 della Tavola LXXXIV. I vuoti lasciati dai pezzi sono poscia riempiti di murazione di piccole pietre, o di mattoni o di rottami. Quando questo riempimento è fatto bene dà all'opera la fermezza di un muro formato di travi unite.

Quando due o più facciate di legno devono congiungersi agli angoli di un fabbricato, fa duopo combinare la disposizione dei pezzi onde sono composte, in modo da evitare lo scricchiolamento (*hiement*) a cui sono soggette le costruzioni in legno.

Abbiamo già detto che la stabilità di una facciata di legno, indipendentemente dalla grossezza, è minore di quella di un muro; in guisa che una facciata di legno alta tre piani non si sosterebbe se fosse isolata, mentre un muro di pietre e di mattoni alto del pari, avrebbe una certa stabilità.

Il grado relativo di stabilità fra un muro ed una facciata di legno è espresso dal peso moltiplicato per la metà della grossezza di essi. Il peso medio di una facciata di legno murata ed arriciata in gesso, come si usa a Parigi, è di 50 libbre ogni piede superficiale, per una grossezza media di 8 pollici, il che dà per espressione della sua stabilità o resistenza $50 \times 4 = 200$.

Un muro di facciata in pietrame o in pietre di mediocre durezza o in mattoni, alto 3 piani, dovrebbe avere, secondo ciò che si dice nel libro IX, una grossezza media di 16 pollici, il che produrrebbe 180 libbre pel peso medio di un piede superficiale, e la sua stabilità

sarebbe $180 \times 8 = 1440$, cioè più di sette volte quella di una facciata di legno.

Benchè una facciata di legno grossa 8 pollici, murata ed arricciata in gesso, abbia una stabilità sette volte minore di quella di un muro in pietrame, grosso 16 pollici, si potrebbe nondimeno, supponendola isolata, procurare ad essa una stabilità eguale a quella di un muro, puntellandola alle sue estremità con contraffissi nell'estremità dei travi lunghi sette volte più che lo spessore della facciata di legno, cioè pollici 56.

Perchè una facciata di legno murata ed arricciata in gesso abbia la stabilità istessa d'un muro in pietrame, grosso 16 pollici, fa duopo che la sua grossezza sia pollici $21 \frac{1}{2}$. Ma, senza aumentare la grossezza, si può ad essa procurare sufficiente stabilità collegandola coi muri intermedi e coi palchi con tiranti od arpioni di ferro.

Da ciò che si è detto consegue che le facciate di legno sono meno solide e durevoli dei muri, e fa duopo aggiugnere che sono anche più dispendiose. Secondo i prezzi attuali di Parigi (1828) trovansi che una tesa di muro in pietrame, grosso 16 pollici, intonacato da ambe le parti e valutato senza servitù, dedotto ogni vuoto, costa 40 franchi, mentre una tesa di facciata di legno murata ed arricciata con gesso dalle due parti vale 50 franchi.

Un muro di 16 pollici in pietra di taglio della specie chiamata *Pietra franca*, la quale s'impiega comunemente pel pianterreno dei fabbricati di Parigi, costa in oggi 150 franchi. Ma siccome non si fanno più facciate di legno nè di pietrame che al di sopra del piano terreno, ne risulta che si ha più solidità ed economia nel preferire un muro di pietrame ad una facciata di legno, ogniquale volta lo spazio od il tempo non vi pongano ostacoli.

ARTICOLO I.

Delle facciate e delle tramezze di legno.

La facciate e le tramezze di legno sono generalmente formate di travi posati in piedi, e distanti in modo che gli spazj vuoti sieno eguali ai

pieni (1). Questi travi si uniscono a maschio e femmina nei due pezzi di legno orizzontali chiamati piattaforme, un dei quali messo al di sopra e l'altro al di sotto e sono indicati da S, Tavola LXXXIV, figure 1, 2, 3 e 4. Agli angoli ed alle estremità delle piattaforme si pongono travi più forti chiamati travi angolari indicati A nei dettagli ed a negli alzati. Quelli che formano le spalle delle finestre e delle porte indicati da B, b, diconsi travi d'impostatura (2).

c è l'architrave che si unisce alle spalle. L'unione di esso colle spalle chiamasi impostatura.

Gli altri travi indicati dalle lettere d, sono chiamati travi di *riempimento*. La loro grossezza è d'ordinario minore di quella dei travi d'impostatura e dei travi angolari.

Per impedire gl'inconvenienti che risultano dal rilasciamento delle commessure prodotto dal disseccamento dei legnami, si mettono nelle tramezze e nelle facciate di legno dei pezzi inclinati in senso contrario. Questi pezzi F, f, sono chiamati puntelli quando non sono inclinati che due o tre volte la loro grossezza, e solievi quando l'inclinazione è più grande. Si riempiono i vuoti lasciati dai puntelli e dai solievi con travicelli tagliati obliquamente da un capo indicati dalle lettere H ed h, figure 1, 2, 3 e 4. Questi pezzi sono riuniti nei puntelli, nei solievi e nelle piattaforme. Qualchevolta per fortificare le spalle angolari o fra i vuoti, invece di puntelli e solievi si pongono delle croci di Sant'Andrea indicate dalle lettere i nella figura 4. I pezzi che le formano sono tagliati a metà legno nel luogo ove s'incrociano, e riuniti a maschio e femmina nelle piattaforme.

Si riunisce il disopra degli architravi e il di sotto de' bancali delle finestre con travicelli di riempimento indicati dalle lettere N, n, e talvolta con pezzi indicati da H quando vi sono de' solievi.

Quando per una disposizione necessitata, una o più spalle L si trovano corrispondere nell'altezza del fabbricato al mezzo del vuoto di

(1) Si sa lasciare fra i travi delle tramezze e delle facciate di legno, 10 pollici circa d'intervallo, e in vece di turare i vani come altrove, quando si empiono di murazione, si piantano pante su cui per contenere la muratura.

(2) Nelle tramezze le impostature delle porte e delle finestre si fanno spesso a legno apparente: ma allora conviene dare ad essi due pollici di grossezza più che agli altri legni della tramezza se si deve evitare di pancerelli, onde intonacandoli vi rimanga una piccola battuta fuori di circa un pollice per ricevere la pancerellatura. Una simile battuta si fa anche a ciascuna parte di una tramezza agli spigoli superiori delle piattaforme per ricevere i pancerelli.

una grande apertura praticata al pianterreno, è indispensabile soccorrere la piattaforma K, figura 1, specialmente se la facciata di leguo sostiene solaj, con un sistema di solievi combinato come indicano le lettere *f, f*, nella figura 1. Per procurare a quest'armatura la maggior forza possibile, invece di far poggiare l'estremità superiore di questi solievi sotto le doppie piattaforme che formano appoggio, marcate *t*, come si fa d'ordinario, sarebbe utile farle poggiare contro un rinforzo, come lo indica la lettera *g*.

I piccioli quadrati *o, o*, fra le doppie travi, indicano l'estremità de' travi de' solaj; lo stesso è di quelli marcati colla stessa lettera nelle figure 2 e 3. Nella figura 4, le travi essendo posate sulle tramezze non metton capo nella facciata.

Tutti i pezzi componenti una facciata o una tramezza di leguo, devono essere uniti a maschio e femmina, piantati a forza e incavigliati. Per i solievi ed altri pezzi di legno inclinati si fa un taglio a spalla dalla parte dell'angolo acuto, in modo che penetra ad angolo retto nel pezzo che lo riceve, come vedesi espresso dalla figura 5.

La parte dei pezzi H, tagliata obliquamente, si congiunge coi solievi con maschi triangolari rappresentati dalla figura 6, la estremità dei quali è tagliata a squadra. Per la commessione di questi pezzi è più utile far uso di maschi ad ugnatura, rappresentati dalla figura 7, perchè indeboliscono meno i solievi. Talvolta non si fa che tagliare obliquamente i pezzi H, e fermarvi contro i solievi con grandi chiodi chiamati *denti di lupo*, o con cavicchiette (1).

Le facciate e le tramezze di legno al pianterreno devono essere erette su muricciuoli di buon pietrame e in pietre di taglio. Questi muri debbono essere elevati sopra il suolo due piedi almeno onde garantire i legnami dalla umidità.

Lo spessore di una facciata di legno alta tre o quattro piani è comunemente di 8 in 9 pollici.

Quando due facciate di legno formano angolo, la trave angolare deve esser grossa 9 in 10 pollici; si dà la stessa grossezza a quelle collocate ai fianchi di una grande apertura formanti l'angolo della spalla E, figura 1. Le piattaforme devono avere 8 in 9 pollici di grossezza. Ai

(1) È bene sorvegliare la posatura dei pezzi H, perchè i carpentieri usano d'impiegarvi soltanto gli avanzi dei castici e i più cattivi legnami che fanno pagare come se fossero buoni e bene commessi.

sollievi, ai puntelli, alle braccia della croce di S. Andrea ed alle travi d'impostatura per le porte e per le finestre si danno 7 in 8 pollici, ed ai travi di riempimento e ad altri travetti, 6 in 7 pollici.

Quando una facciata di legno è alzata sopra la trave che sovrasta a grandi aperture o di botteghe o di porte, convien dare allo spessore di questa trave il dodicesimo della larghezza di tali aperture.

In quanto alle tramezze interiori portanti solajo, i travi verticali debbono avere per grossezza il dodicesimo dell'altezza. I sollievi e le piattaforme avranno un pollice di più in larghezza ed in spessore.

Le tramezze che non servono che di separazione, non avendo bisogno di salire dal fondo, non esigono legname così forte, e può bastare la metà delle dimensioni precedenti. Per più leggerezza si può prescindere anche dall'empirle di murazione come comunemente si fa, e basta munirle di panconcelli e intonacarle. Quand'esse sono di una certa altezza, siccome le travi sarebbero in pericolo di piegare, si commettono con traverse che si pongono verso il mezzo per diminuire la lunghezza.

Benchè si possano collocare le tramezze a piacere, è necessario nondimeno prender certe precauzioni nel disporre la travatura di un solajo quand'esse non possono essere messe a traverso sulle travi onde ciascuna porti la sua parte. Quando una tramezza deve essere posata secondo la lunghezza delle travi è utile tenerla più leggiera che si può, mettervi de' sollievi che rimandino una parte del suo peso verso le estremità laterali o sui muri, posar una trave più forte delle altre sotto la piattaforma; ed anche far sostener la tramezza, allorchè si può, sopra tre travi col mezzo di barro di ferro che uniscono insieme le due travi più vicine con quella che in particolare è aggravata dalla tramezza. Taluni per sollevare la trave più oppressa mettono dei tiranti nella grossezza della tramezza, che la abbracciano e si attaccano ai sollievi.

ARTICOLO II.

DE' SOLAJ.

Combinazioni di legnami atti a formar palchi o solaj.

I solaj si compongono in generale di pezzi di legnami chiamati travi, posati orizzontalmente a qualche distanza gli uni degli altri, e sostenuti alle loro estremità dai muri, tramezzi, o da pezzi di legno più forti chiamati travi maestre.

Nel distribuire il legname di un solajo conviene aver riguardo ai focolari de' cammini, alle loro canne che passano dai piani inferiori, lungo i muri, ai vuoti delle porte e delle finestre sottoposte, onde poggiare solidamente sulle spalle l'estremità delle travi maestre che debbono portare gli altri travi, e non far nulla di contrario ai regolamenti per la sicurezza contro gl'incendj (1).

Ip un solajo entrano più specie di travi, travi di fasciatura, traverse o traverse, travi di riempimento, filarole, diagonali ed altri piccioli travetti; tutti questi pezzi si uniscono a maschio e femmina.

Le travi di fasciatura G, G, figure 1, 2, 3 e 4, Tavola LXXXV, sono sempre portate dai muri e conficcate in essi per 8 o 9 pollici. Il loro ufficio è non solo quello di sostenere le spalle de' cammini e la murazione de' focolari coll'ajuto di fascie di ferro, ma ancora le

(1) 1.° Tener lontane le travi che fasciano i focolari, di un piede dall'interno delle spalle dei cammini di media grandezza, o almeno tenerle un pollice da ciascuna parte più distanti che l'interno delle spalle dei grandi cammini.

2.° Lasciar tre piedi = $\frac{1}{3}$ di distanza dal fondo del vuoto del focolare fino al davanti d'una cappa o traversa che porta le travi di riempimento; e se esistono canne da cammini che passino dietro il focolare di cui si tratta, i 3 piedi = $\frac{1}{3}$ devono essere computati dall'interno della linguetta che ricorre il frontone.

3.° Allontanare di tre pollici le traverse dalla parte anteriore delle canne che passano, perchè è espressamente ingiunto per massima generale rapporto agli incendj, di lasciar sei pollici d'intervallo fra l'interno d'una canna da cammino ed ogni legname, sia di un solajo, sia di un tetto, oppure di una traversa.

4.° Evitar specialmente di mettere innanzi a tre canne passanti una traversa comune che avrebbe poca solidità in causa della sua troppa lunghezza; ma fra la seconda e la terza canna si dopo mettere trave da fasciatura murata, avendo cura di lasciare, come è prescritto, 6 pollici di muratura da una parte e dall'altra della fasciatura fino all'interno delle dette canne.

commessure delle traverse. Queste travi debbono avere un pollice di più in larghezza ed in grossezza delle travi ordinarie e di quelle di riempimento.

Siccome nelle travi di fasciatura sono commesse le traverse, supponendo che queste sieno più lunghe di 5 o 6 picci, oppure sieno caricate di travi di riempimento di una grande lunghezza, converrebbe allora fortificare le commessure delle traverse, cioè ciascuno dei loro maschi con una staffa di ferro che abbracciandola pel di sotto andasse ad inchiodarsi sopra la trave di fasciatura. Inoltre, ciò non si osserva che nei luoghi ove passano le canne, perchè quando le traverse sono lungo i muri si può prescindere dalle staffe, e basta d'ordinario sostenerle inferiormente con qualche beccatello di ferro che si serra nel muro e che s'incassa per tutta la sua grossezza. Nondimeno per evitare di dar troppa lunghezza ad una traversa taluni prendono il ripiego di mettere due travi di fasciatura vicine l'una all'altra in guisa che non essendovi che una commessura in ciascuna di esse ne risulta maggior forza nel calajo.

Le traverse B, B, figure stesse, si uniscono nelle travi di fasciatura innanzi ai focalari A, A, e ricevono una delle estremità delle travi di riempimento D, D, figure 1 e 4.

Le altre traverse M, M, si uniscono nelle travi di fasciatura G, e talvolta anche una delle loro estremità è portata dal muro; sono anche destinati a ricevere le commessure delle travi di riempimento D, e si collocano o lungo le canne passanti dei cammini o lungo i muri per evitare di murare l'estremità di tutti i travi, la qual cosa li divide, nuoce al loro collegamento e gl'indebolisce.

Le *filarole* L, figura 2, sono murate nelle estremità; esse portano le travi con commessure o senza, e sono sostenute inferiormente di distanza in distanza da beccatelli di ferro incassati nella grossezza di essi. Per avere maggior solidità le filarole dovrebbero essere murate per la metà della loro larghezza, come lo indicano le figure 5 e 6.

I solai nei quali le travi sono portate o riunite nelle filarole sono preferibili a quelli ove non sono che murate, perchè nei primi si trovano riuniti più solidamente. Queste specie di travi procurano pure una maggior solidità a' solai che non le traverse isolate dai muri che vi sono sostituite, e che non sono sostenute che da maschi, del pari che le travi cui debbono sostenere.

Lo spessore verticale delle filarole può essere eguale ad una volta e mezzo quello delle travi ordinarie, e la larghezza ad una volta. Così per un solajo di 14 piedi in opera, le cui travi dovrebbero avere 7 pollici di spessore verticale, quello delle filarole sarebbe di 10 pollici e $1/2$ sopra 7 di larghezza.

La maniera più solida di commettere le travi colle filarole è quella a coda di rondine, con uno sporto, acciò che la trave poggi per tutto il suo spessore, come si vede rappresentato nelle figure 5 e 6. Per tracciare le piaghe nelle filarole si dividerà la larghezza di esse in 4 parti eguali; una di esse si darà allo sporto che deve ricevere la grossezza intera della trave, due parti alla coda di rondine, e la quarta per formare la grossezza lungo il muro.

Ciò che si è detto rapporto alle filarole situate lungo i muri, può in parte applicarsi a quelle che si sono poste dappoi ai lati delle travi maestre, ond' evitare le piaghe che altre volte si praticavano per mettervi l'estremità de' travi, nella vista di diminuire la grossezza de' solai.

I *diagonali* sono travi maestre posate diagonalmente nel solajo superiore di un fabbricato, o sotto la groppa di un tetto: poggiano esse sull'angolo del muro e sono commesse dall' altro con travicelli. La funzione dei diagonali è di ricevere a commessura i travicelli di riempimento che successivamente diminuiscono di lunghezza.

I travetti zoppi (*solives boiteuses*), sono quelli che per un capo sono commessi a pezzi di legno e murati nell' altro.

I vuoti marcati A nelle figure 1, 2, 3, e 4, si riempiono con piccole volte fasciate di mattoni o di pietre, per formare il focolare dei cammini: le origini sono fatte con pezzi di legno triangolari, inchiodati nel lato interno delle travi di fasciatura e delle traverse. A Parigi si limitano ad una muratura in gesso sostenuta da due o tre barre di ferro piano e codate, chiamate dai Francesi *Bandes de Trémie*.

Talvolta si riempiono di murazione gl' intervalli fra i travi, la qual cosa dà anche maggior consistenza e fermezza ai solai. Chi obietta che ciò li rende troppo pesanti, non osserva che quest' aumento procura ad essi quasi altrettanta solidità come se fossero fatti di travi congiunti; e in questo caso la loro forza sarebbe duplicata. Il solo inconveniente si è che i legni periscono più presto.

Quando i travi sono molto lunghi e si vuol dare maggior fermezza ai solai, senza empirli, si mettono secondo una stessa direzione fra i travi,

certi pezzi di legno O, O, O, che vi si fanno entrare a forza. In un solajo come quello della figura 1, la direzione più conveniente di questo puntellamento è la continuazione delle traverse.

A tale effetto si adoperano ancora pezzi di legno chiamati traverse, muniti di incavi per abbracciare le travi. Questo pezzo rappresentato da P, è fermato su ciascun trave da caviglie o chiodi; ma siccome le parti di legno che separano le incavature delle traverse possono staccarsi forzandole ad entrar fra le travi, sarebbe meglio, dopo fatti i puntellamenti O, O, O, posarvi sopra un pezzo indicato al di sotto di P e fermato da buoni chiodi tanto sui puntelli quanto sui travi. Per ben eseguire questa operazione convien sostenere il solajo al di sotto con una trave ed alcuni puntelli da levarsi poi. Il puntellamento ha pure il vantaggio di contropingere i travi per tutta la grossezza di essi, mentre la traversa non può abbracciarli che per 3, o 4 pollici, supponendo che nei travi non si trovi scabrosità.

Solaj a commissioni, composti di travi che reciprocamente si sostengono.

Quello rappresentato dalla figura 1, Tavola LXXXVI, è tratto dalla Raccolta di Kraft, parte 2.^a pagina 8, e tavola 21. Questa figura indica una maniera praticata in Olanda per impiegare i legnami di lunghezze diverse. Intorno ai muri si mettono delle filarole sulle quali posano questi pezzi di legname; quattro si pongono a traverso degli angoli posando le due estremità sulle filarole; altre che incrociano gli angoli formati dai primi non poggiano che con un capo alle filarole e si commettono coll'altro nei primi a maschio e femmina. I rimanenti pezzi sono disposti in maniera analoga e commessi a maschio e femmina in ambe le estremità. Da ciò risultano scompartimenti irregolari che non si osservano affatto perchè questi solai sono ricoperti sopra e sotto da tavole congiunte che nascondono tale difetto. Queste tavole grosse un pollice e mezzo sono disposte a traverso dei pezzi su cui sono fermate in modo da riunire fortemente gli uni cogli altri e da non formare che un pezzo solo, come si vede dalla figura 1, la cui metà è ricoperta di tavole.

A Parigi, nei fabbricati del mercato dei Drappi, unito a quello degli Innocenti, vedesi un altro esempio di combinazione dello stesso genere che ha sul primo il vantaggio di offrire una perfetta regolarità. In quest'ultimo, rappresentato dalla figura 6, Tavola LXXXVII; i travi

partendo dai diagonali marcati A, si sostengono reciprocamente per una commessione a coda di rondine con incavatura e tagli rappresentati in grande nella figura 7. I travi diminuiscono di grossezza in ragione della lunghezza fino al mezzo ove sono minori di un terzo. Ivi formandosi un vuoto circolare, si è accomodata una chiave pendente sostenuta da quattro traverse arcuate: ciò non può considerarsi che come un mezzo di dare a questo solajo un'apparenza più sdrita. Nulladimeno, esaminando questa disposizione, si trova che partendo dai pezzi diagonali, tutta la parte circoscritta non poggia che sopra otto commessure marcate D.

Il mezzo di ciascuna parte è fortificato da traverse e la parte superiore è ricoperta di tavole congiunte e inchiodate sui travi. Pel di sotto i travi sono apparenti e formano una specie di decorazione.

Solaj combinati secondo il processo di Serlio.

Serlio nel 1.^o Libro del suo Trattato di Architettura offre un mezzo semplicissimo per istabilire i solai ne' quali i travi sono troppo brevi per giugnere da un muro all'altro, facendoli poggiare alternativamente sul muro e sul mezzo di ciascun pezzo. Se volessimo rinunciare alla nostra abitudine di formare tutti i nostri solai con plaffoni uniti, si potrebbero ottenere con questo mezzo piacevoli scomparti negli appartamenti e di un bell'effetto nelle grandi sale. Onde renderli più durevoli si potrebbero rivestire di legname minuto, invece del gesso che distrugge i legni in poco tempo (1).

I pezzi di legname formanti questi solaj possono commettersi fra loro a maschi e femmine, o con incavature a mezzo legno. Fa duopo osservare che pel primo mezzo, che è il più usitato, i pezzi non sono sostenuti alle loro estremità che da maschi la cui maggiore grossezza non può essere che il terzo di quella del pezzo, mentre che col mezzo

(1) Si vedono in Italia sale superbe e chiese, i soffitti delle quali sono solai composti di travi, combinate con altre che non sono che simulate per formare scompartimento. Quelli di S. Paolo fuori delle mura; di S. Lorenzo fuori delle mura, e di Santa Maria Maggiore a Roma; di S. Gennaro a Napoli offrono ottimi modelli in questo genere.

Sebastiano Serlio ha dato su tale riguardo, diversi disegni di scomparto di una grande bellezza, nel Capo XII del IV Libro della sua Architettura, fra i quali è facile riconoscere quello del soffitto della magnifica loggia di Fontainebleau, eseguita ai tempi di Francesco I. sotto gli occhi di questo abile architetto. Questo soffitto, che si ritiene a ragione una delle più belle opere di tal genere, esiste anche in oggi nel più perfetto stato di conservazione.

delle incavature a metà legno, la forza si trova egualmente divisa fra le parti che sostengono e quelle che sono sostenute. Quando queste commessioni sono bene accomodate e le parti che riempiono le incavature, vi entrano con alquanta forza, ne risulta quasi altrettanta solidità come se i pezzi non avessero incavature. Se questi sono travi che non ne portino che uno o due altri di riempimento, si darà ad essi la diciottesima parte della lunghezza per spessore verticale, cioè 9 linee per piede, invece della ventiquattresima parte da noi poc' anzi indicata, in causa delle commessure.

Se si vuole che queste commessioni sieno a maschio e femmina si dividerà lo spessore verticale del legno in tre parti eguali; quella del mezzo sarà pel maschio o per la femmina.

Per le commessioni a incavature si dividerà la larghezza superiore di ciascun trave in tre parti eguali, e il suo spessore verticale in due; in guisa che le incavature avranno per larghezza il terzo di quella delle travi principali, e per profondità la metà del loro spessore.

Sarà lo stesso per le travi o pezzi di legno che sostengono un maggior numero di travetti, cioè otto in dieci; soltanto la grossezza di quelle sarà proporzionata al numero ed alla lunghezza fra gli appoggi: però, al diciottesimo della lunghezza per spessore verticale si aggiungeranno tante volte tre linee quanti sono i travetti di riempimento che deve sostenere. Le figure 1, 2, 3 della Tavola LXXXVIII indicano la forma e il dettaglio di un solojo di questa specie.

Siccome le incavature che proponiamo per commettere le travi principali e i travetti di questi solaj hanno la larghezza troppo picciola per essere tagliate a coda di rondine, così si fermeranno con cavigliette. Ma per formare un'opera più solida converrà posare delle strisce di ferro al di sotto a traverso delle commessure come sono indicate dalla figura 1; e saranno incassate per tutta la loro grossezza e fermate con viti a testa increspata.

Per far meglio sentire la bontà di questo mezzo faremo osservare che due travi o travetti uniti per le estremità senza commessure potrebbero sostenersi pel solo aforzo delle strisce di ferro: perchè se s'impedisce alle commessure l'aprirsi pel di sotto, la parte superiore agendo come punto d'appoggio offrirà una resistenza a tutta prova.

I travetti di riempimento avranno per spessore verticale la ventiquattresima parte della loro lunghezza: si potranno essi commettere e come fra poco indicherassi.

Solaj a scomparti.

La figura 3 della Tavola LXXXVI rappresenta un solajo eseguito in una casa di piacere dello Statoudher. Questo solajo è composto di travi lunghi 7 piedi ciascuno, sopra 9 pollici di grossezza, disposti alla maniera di Serlio, e formanti cassettoni di tre piedi per ogni lato. Questi travetti sono commessi ad incavature con tagli ricoperti al di sopra da un doppio rango di tavole grosse 18 linee, commesse a scanalature e linguette, collegate e inchiodate coi travetti, ed il secondo rango a traverso del primo e inchiodato sovr' esso.

Posando il solajo gli si è data una convessità di una linea per piede di larghezza entro i muri. Esso è commesso in un gran quadro formato dalle filarole posate lungo i muri.

La sezione di questo solajo e il dettaglio delle commessure dei travetti sono rappresentati dalle figure 4 e 5.

I travetti sono riuniti superiormente da fascie di ferro incassate per tutta la loro grossezza; ma sarebbe stato meglio che fossero state posate al di sotto per le ragioni da noi testè spiegate, tanto più che sono bastantemente fermati superiormente dal doppio rango di tavole da cui sono ricoperti (1).

Solaj a soffitte.

I solaj a soffitte, formati da travi e travetti di riempimento, come quelli indicati dalle figure 4 e 5, Tavole LXXXVII, hanno l'inconveniente

(1) La figura 2 della Tavola LXXXVI indica un solajo senza travi eseguito ad Amsterdam per una sala di decorazione. Questo solajo che ha 60 piedi in quadratura è formato da tre ranghi di tavole d'abete grosse 18 linee, commesse a scanalature e linguette, e posate le une a traverso delle altre. Esso è serrato in un quadro formante le filarole lungo i muri, ed avante all'interno un'incavatura per ricevere i tre ranghi di tavole: al primo rango posato diagonalmente si è data una convessità di una linea circa per piede.

Il secondo rango posato in senso contrario è formato col primo da tre o quattro ranghi di chiodi.

Il terzo rango, che fa il di sopra del solajo, è formato di tavole posate parallele ad uno dei muri, e fermate del pari sul secondo rango con chiodi disposti secondo le tavole inferiori.

Questa disposizione prova quanto le tavole inchiodate a traverso dei travicelli possano contribuire alla solidità, poichè si può formare col mezzo di esse de'solaj senza travi, e che in questo sono suppliti da un solo rango di tavole. È evidente che questo vantaggio non si può attribuire che al collegamento ed alla continuità delle tavole da cui è formato.

di non avere dovunque la stessa fermezza. I travetti che riempiono gli spazi triangolari essendo diversamente lunghi importerebbero grossezze proporzionali e quindi riduzioni di legname troppo costose; e dando ad essi una grossezza media, essa risulterebbe debole per le grandi, e troppo forte per le picciole lunghezze de' travetti.

I quattro pezzi diagonali segnati A sostengono in otto punti, cioè nel mezzo, tutto il peso della parte di solajo ch'essi racchiudono.

Nella figura 4, il pezzo E, che è più lungo dei pezzi C, C, sostiene il doppio, e tutto questo carico corrisponde al mezzo del pezzo B e del suo opposto.

Nella figura 5 il peso è meglio distribuito; ma queste disposizioni non potranno mai eguagliare a quelle ove il peso si trova uniformemente diviso su tutti i pezzi.

Nuova maniera di combinare i Solaj.

La Tavola LXXXIX rappresenta un solajo quadrato di 42 piedi fra i muri, composto di travi disposti diagonalmente con altre formanti de' quadrati di 7 piedi e $1/4$, muniti di due ranghi di travetti che s'incrociano e formano insieme la stessa grossezza delle travi principali, per ricever poscia un plafone al di sotto e il mattonato al di sopra.

Le travi hanno 16 piedi e $1/2$ di lunghezza sopra 42 di larghezza e 14 di spessore verticale; sono commesse con incavature a metà legno come nella Tavola LXXXVIII, con fascie di ferro per riunire le commessioni al di sotto.

I travetti che riempiono gl'intervalli fra le travi hanno 5 pollici sopra 7 di grossezza e sono posati in coltello. I travetti superiori poggiano per tutta la loro grossezza in incavature profonde un pollice e mezzo, fatte nelle travi, e i travetti inferiori, che sono tagliati colle estremità a metà legno, poggiano in incavature della stessa profondità, fatte nelle travi sugli altri due lati, come vedesi nella figura 2.

Questi travetti sono fortemente riuniti gli uni agli altri con caviechie, in guisa che ciascun riempimento forma una specie di griglia di un sol pezzo.

Per ripiegare all'abbassamento di cui questo solajo poteva essere suscettibile per la compressione dei legnami e pel rinseramento delle commessioni, si è dato ad esso nel posarlo una convessità di una linea per

piede, sostenendolo sopra puntelli posti sotto le commessure delle travi, che si facevano innalzare con cunei: in vece di un' area sui panconcelli del plafone è stato munito di tavole inchiodate a traverso sui travetti; e il di sotto è stato plafonato. Pel mattonato superiore si è steso un letto di polvere, e i mattoni sono stati posati in gesso. Questo solajo eseguito verso il fine del secolo scorso in un magazzino di farina a Corbeil, sebbene sia molto esteso, ha quasi la fermezza di una volta.

Solaj antichi detti a campi e solaj moderni sostituiti ad essi.

Nel penultimo secolo s' usavano in generale per le sale che eccedevano i 18 piedi di larghezza, i solaj *a campi*, cioè con travi e travicelli apparenti, di semplicissima esecuzione. Tutti i travicelli avevano sempre 12 piedi di lunghezza sopra 6 di grossezza, oppure la ventiquattresima parte della lunghezza fra i muri, ed erano distanti quanto era la loro grossezza: uno dei capi di essi poggiava direttamente sulle travi con incavature o senza, e l'altro capo era o murato o sostenuto dalle filarole messe lungo i muri. Tutti i legnami erano segati, piallati e lustrati sulle faccie apparenti e talvolta con modanature sugli spigoli.

Siccome non vi erano commessure in questa specie di solaj, eccetto ove si trovavano le traverse o *chiavarole*, all'incontro dei focolari o delle canne de' cammini, erano di molta durata; e i legnami essendo la maggior parte scoperti, non erano così soggetti a scaldarsi come quando sono chiusi nei plafoni; perciò si vedono ancora solaj antichissimi a legnami apparenti che sono sani come se fossero appena eseguiti.

Ora però non si usano più tali solaj se non nelle case di provincia e nei locali pubblici, come sono gli ospitali, i magazzini ed altri fabbricati, ove la solidità deve superare qualunque altra considerazione.

In seguito; quando si è voluto plafonare i solaj pel di sotto, si cominciò a posar delle false travi commesse nelle travi, e fermate sopra pezzi inchiodati contro le travi stesse. Siccome le false travi non avevano da portare che la panconcellatura, bastava dare ad esse la metà della grossezza de' travicelli del di sopra.

Nondimeno siccome da questa disposizione risultava una grossezza troppo considerevole nel solajo, si pervenne successivamente a ridurla. Dapprima si commetterono i travicelli nelle travi col mezzo d'incavature, figura 4 e 5, Tavola XC, che alterando i legnami, ne diminuivano

infinitamente la forza. Finalmente s'immaginò di commetterli nelle filarole *f, f*, figura 6, posate ai due lati delle travi, e legate ad esse con caviechie e staffe di ferro E. Quest'ultima disposizione, che sembraci preferibile sotto ogni rapporto, procura anche il vantaggio di poter ridurre la forza delle travi: così, per esempio, per un solajo che esigerebbe una trave lunga 24 piedi, invece di servirsi di una trave di 18 pollici sopra 14, basterà impiegarne una di 13 di grossezza, applicandovi due filarole alte 10 pollici sopra 6 di larghezza, che poggerebbero nei muri e sarebbero legate come testè si è detto.

Applicazione delle regole sulla forza dei legni, ai pezzi principali che entrano nella composizione de' solaj.

Le sperienze sulla forza dei legni, esposte nel 1.^o Libro di quest'opera, e la teoria che ne risulta, fanno conoscere che la solidità dei tavolati di una stessa larghezza dev'essere in ragion duplicata dello spessore verticale de' travi, in ragione diretta della loro larghezza ed inversa della loro spaziatura. Così, date la larghezza e la spaziatura eguali, di travi eguali con una stessa lunghezza, la forza di un solajo con travi di 8 pollici di spessore verticale, coll'intervallo di 8 pollici, starebbe alla forza di un altro solajo delle stesse dimensioni, colle travi di 6 pollici di grossezza verticale e che avessero l'intervallo di 6 pollici, come il quadrato di 8 al quadrato di 6; come 64 a 36; finalmente come 16 a 9, cioè quasi doppia. La quantità di legno prodotta dalle travi di 8 pollici sta a quella delle travi di 6 pollici, come 4 sta a 3: però un terzo di più di legname produce una forza doppia. Finalmente se due solaj muniti di travi di una stessa lunghezza, e grossi sei pollici in quadrato, sono esse in uno distanti fra loro 9 pollici e nell'altro non lo sono che 6, quest'ultimo sarà una volta e mezzo più forte dell'altro.

Per formare un solajo che abbia la solidità conveniente, fa d'uopo, se lo spazio vuoto eguaglia il pieno, che lo spessore verticale delle travi sia un ventiquattresimo della loro lunghezza in opera. Così le travi di un solajo di 12 piedi di lunghezza fra i muri dovrebbero avere una grossezza verticale di 6 pollici, ed essere spaziate di 6 pollici se fossero quadrate. Questo solajo sarebbe equivalente per la quantità di legno ad un solajo pieno grosso 3 pollici, cioè composto di travi unite d'uno spessore verticale di tre pollici. La forza dei legni di una stessa

lunghezza essendo come il quadrato del loro spessore verticale, ne risulta che se questi due solai fossero pieni, la forza di quello di 6 pollici starebbe a quella del solajo di 3 pollici come 36 a 9; come 4 ad 1; ma siccome il solajo di 6 pollici si suppone composto di travi che lasciano fra loro uno spazio vuoto eguale alla larghezza di essi, mentre quello di 3 pollici è pieno, questo rapporto diviene come 2 ad 1; cioè che un solajo pieno con uno spessore di tre pollici non ha che la metà di forza di un solajo composto di travi di 6 pollici di grossezza e di larghezza collo spazio vuoto eguale al pieno.

Se si volesse avere un solajo pieno che avesse la stessa forza di quelle colle travi di 6 pollici, converrebbe che il suo spessore fosse eguale alla radice della metà del quadrato dello spessore di queste travi, coll'intervallo eguale alla grossezza. Così pel caso di cui si tratta, il quadrato dello spessore verticale delle travi essendo 36, lo spessore di un solajo pieno di egual forza dovrebbe essere $= \sqrt{18}$. Nondimeno questo risultamento della teoria è suscettibile di modificazione, perchè ho provato che un solajo formato di travi di 3 pollici e $1/2$ di spessore, riuniti a incavature e linguette, porta un carico così forte come un altro composto di travi di sei pollici in quadratura spaziate com'è la loro grossezza.

Mi sono accertato ancora che un solajo composto di due ranghi di travi di 3 pollici in quadratura, tutto pieno, e che s'incrocino ad angolo retto, come si vede nella figura 2, Tavola LXXXIX, ha maggior fermezza di un solajo d'un rango solo di travi di 6 pollici, con pari intervallo, e che non sono riunite che dai travicelli dei campi e dai plafoni.

La grossezza verticale delle travi deve avere la diciottesima parte della loro portata o lunghezza in opera; è meglio che sieno quadrate che piane, perchè i cilindri o coni lignei da cui sono composte essendo meno tagliati hanno più forza e rigidità.

Alcuni autori hanno sostenuto senz'alcun fondamento che le due metà di un pezzo segato riunite colle segature al di fuori facevano una trave più forte che il pezzo intero. Buffon a cui si è attribuito tale processo, ben lontano dall'esserne autore, dice espressamente nella sua Memoria sulla forza dei legni, *che questi legni fessi sono più deboli e che l'uso ne dovrebbe essere proscritto*. Questo dotto osservatore insiste fortemente sui vantaggi dei legnami di fusto e il suo giudizio è appoggiato ad un gran numero di esperienze. Nè egli; nè veruno dei dotti i

quali si sono occupati di questo soggetto non hanno mai sostenuto come pretendono certi pratici, che i legni fessi abbiano una forza doppia del leguo di fusto.

È vero che i legnami aventi una larghezza doppia della grossezza, posti in coltello, portano una volta più che quando sono piani, perchè la loro forza a lunghezze eguali è in ragione composta del quadrato dello spessore verticale e della larghezza: per esempio la forza di un pezzo di legno schiacciato, di 8 pollici sopra 16, posato in coltello, sta alla forza di esso posato piano, come il quadrato di 16 moltiplicato per 8, sta al quadrato di 8 moltiplicato per 16; cioè come 2048 a 1024; o come 2 a 1: ma questo pezzo di 8 pollici sopra 16 non porterebbe già la metà di ciò che porterebbe un pezzo di 16 pollici in quadratura.

Circa i legnami schiacciati, l'esperienza prova che nei legni segati, come nel legno di fusto *ciascun pezzo di legno segato in due, sostiene meno della metà di quello che il pezzo intero*, in guisa che una travata di solajo di 16 piedi in opera, composta di 12 travi quadrate grosse 8 pollici, in legname segato o di fusto, posate alla distanza di 12 pollici le une dalle altre, sarà più forte che se fosse formata di 24 pezzi di 8 pollici sopra 4 pollici di grossezza verticale e distanti 6 pollici, benchè nell'uno e nell'altro caso vi sia la stessa quantità di legname e maggiore spesa per le travi segate.

Le travi di legno segato la cui larghezza è minore della metà della grossezza verticale, non hanno bastante stabilità e sono soggette a staccarsi ed a corrompersi, specialmente quando non sono trattenute che da travicelli fatti per aree o plafoni ch'esse fanno screpolare.

Poichè si trova, essend' eguale la lunghezza e lo spessore delle travi, che la forza dei solaj è come la somma della loro larghezza, dovrebbe risultarne più vantaggio ed economia nell'impiegare soltanto travi di legno di fusto invece di travi segate.

Nondimeno si è osservato che le travi segate da grandi alberi, i quali hanno acquistato il grado di consistenza e di solidità di cui sono suscettibili, durano più che i piccoli alberi segati in due o in quattro, perchè questi ultimi non essendo giunti all'ultimo grado di accrescimento hanno minor forza e contengono più quantità di umore capace di corromperli, specialmente quando debbono esser chiusi nella malta o nel gesso; ed è anche lo stesso del legno di fusto. Per questa ragione si debbono talvolta rinnovare i solaj moderni dopo dieci o quindici anni,

mentre si trovano in edifici antichi, legnami segati e squadrati a spigoli vivi nelle travi e nei travicelli che hanno più di quattrocento in cinquecent'anni, e che sono ancora in ottimo stato.

Nulladimeno è essenziale rimarcare che nelle travi di legno di fusto, l'integrità del legno compensa largamente il grado di forza che procura alle travi segate le qualità acquistate dalla maggiore età. Perciò le travi di un solojo fino alla lunghezza di 15 piedi, e le travi di fasciatura fino alla lunghezza di 12 piedi, si mettono comunemente in legno segato; e quando le une e le altre sono più lunghe, s'impiegano d'ordinario legni di fusto.

Delle travi armate.

Siccome i legnami di grande dimensione sono rari e carissimi, e in generale di qualità meno sicura, in ragione della maggiore età degli alberi, si è immaginato di supplire ad essi nelle costruzioni, col mezzo di armature che riuniscano la solidità e l'economia (1). Mathurin Jousse, che è creduto il primo scrittore sulle costruzioni di legname, propone nel suo *Trattato dell'Arte del Carpentiere*, stampato alla Flèche nel 1664, tre esempi di travi rinforzate da armature diverse. Ecco in qual modo l'autore ne spiega la composizione.

« La figura 112 (figura 5, Tavola XCI), mostra il modo di eseguire i solliervi sulle travi che saranno di quella lunghezza che si vuole: »
 « fa duopo squadrarle ed appianarle su tutte le faccie dando un poco »
 « di curva nel mezzo della parte superiore. Si prenderanno due pezzi »
 « marcati A, B, per servire di solliervi, di 8 in 9 pollici di grossezza, »
 « squadrati su tutte le faccie ed appianati, e larghi come al trave. Su

(1) Nei primi anni di questo Secolo (XVIII) molti architetti hanno fatto un giudizioso impiego di travi armate, per formare tavolati di grande estensione. I lavori più importanti in questo genere sono senza contraddizione quelli eseguiti nelle grandi sale del Louvre sotto la direzione di M. Fontaine, primo architetto del re.

Lo stesso processo è stato impiegato con pieno successo pel tavolato che separa la biblioteca del Museo di Storia Naturale dalle sale del secondo piano. In conseguenza di nuove disposizioni, questo tavolato dovendo essere aggravo nel mezzo da un gruppo di animali impagliati che per la loro grandezza non avrebbero potuto trovar posto altrove nelle gallerie, esigeva una solidità maggiore di quella che si ottiene con mezzi ordinari. Perciò a quelle che esistevano si sostituirono travi armate senza in nulla mutarne le proporzioni, onde non guastare la disposizione interna. Questa operazione è stata diretta dall'architetto M. Molinos, nostro stimabile collega, a cui si deve gran numero di costruzioni di molto merito. La figura 9 rappresenta una di queste travi in tutti i suoi dettagli.

" questa e sui solliervi: si faranno delle tacche di 4 in 6 pollici, e i
 " pezzi saranno riuniti uno sull'altro, più esattamente che si possa. Que-
 " sti solliervi cominceranno dalla vicinanza del muro fino al mezzo della
 " trave; si fermeranno per la commessura di mezzo con una staffa di
 " ferro larga 5 o 6 pollici, che abbraccerà superiormente i solliervi, ed
 " entrerà per due piaghe della sua larghezza nei solliervi e nelle travi.
 " Vi si farà passare a traverso una cavicchia di ferro, 4 o 5 pollici
 " distante dalla parte inferiore della trave, che si farà convessa nel mezzo
 " per dargli maggiore elevazione, affinchè sia rigida di più; e poscia
 " si metteranno cavicchie di ferro anche alle estremità, se si crederà
 " opportuno, per unire e serrare più egualmente che sia possibile i
 " solliervi alle travi. Dopo ciò converrà squadrare ed appianare la trave
 " armata che sarà più forte che non era prima, e bella come se fosse
 " di un pezzo solo.

" La figura 113 (figura 6 della Tavola stessa) dimostra un modo
 " diverso di fare i solliervi che risultino più forti degli altri. Si prendano
 " due pezzi di legno C, D di 7 in 8 pollici in quadrato, di legno di fu-
 " sto (il più forte e il più rigido sarà migliore purchè non abbia nodi).
 " Fa duopo incassarli per tutta la loro grossezza nel mezzo della trave,
 " un piede od $1 \frac{1}{3}$ dalla estremità cominciando dopo il muro ed
 " elevandoli all'altro capo fino all'altezza del pavimento del tavolato:
 " i più elevati saranno i migliori, purchè non impediscano le camere
 " o i granai. Se le travi saranno di 4 tese fra i muri, ciascun solliervo
 " avrà 9 piedi di lunghezza e nel mezzo si stabilirà un pezzo di eguale
 " grossezza e larghezza, marcato E, che si commetterà esattamente colle
 " estremità degli altri due e si fermerà con due staffe di ferro messe
 " nelle piaghe fatte nelle travi. Si passerà poi una cavicchia di ferro a
 " traverso di queste 4 o 5 pollici presso la faccia superiore, facendo
 " piegare alquanto la trave in alto prima di riunire e fasciare i solliervi,
 " all'estremità de' quali si metteranno foglie di piombo grose una o
 " due linee acciocchè cingendoli non rimanga nessun vuoto fra le com-
 " mure.

" La figura 114 (figura 7) dimostra un'altra maniera di solliervi
 " fatti con due pezzi di buon legno grossi 7 in 8 pollici in quadratura,
 " che si devono incassare per tutta la loro grossezza nelle travi, comin-
 " ciando da due piedi verso l'estremità fino al mezzo della trave, ed
 " elevarli un piede ed anche più: come gli altri, saranno essi migliori

„ quanto più sono elevati purchè non incomodino. È necessario tagliarli
„ giusti alle estremità, e fasciarli e ritenerli con istaffe come gli altri.
„ Se questi si trovano sotto qualche tramezza si dovranno elevare più
„ che sia possibile „.

Di queste tre maniere la prima ci sembra preferibile e meglio combinata; nondimeno fa duopo osservare che la forza che unisce le fibre del legno essendo molto minore di quello che può farlo ricalcare o rompere tirandolo per le due estremità, le parti che formano i solievi ed i taloni della trave potrebbero staccarsi se non si avesse la precauzione di serrarli fortemente con legami di ferro, e quella di non praticare i taloni che alla distanza di un piede o di un piede e mezzo dalle estremità.

Per bene intendere l'effetto di queste armature, fa d'uopo considerare che la direzione delle fibre di una trave essendo presso a poco orizzontale, lo sforzo necessario per farla curvare è assai minore di quello che occorrerebbe per far abbassare de' puntoni formanti un angolo; perchè quand' essi sono ben fermati alle estremità, perchè quest' effetto possa succedere fa duopo che le fibre si atriugano in sè stesse, essendo maggiore lo sviluppo angolare di essi che la distanza orizzontale fra i taloni.

È lo stesso di un pezzo curvo posato convesso e fermato alle estremità per impedire che si raddrizzi. Io ho sperimentato un pezzo di legno posato orizzontalmente sopra due appoggi, caricato di un peso capace di farlo piegare per un terzo della sua grossezza: contenuto da un altro pezzo di legno per far conservare al primo la sua curvatura, e poi voltò all' insù in guisa di arco, sostiene in tal posizione un peso maggiore del doppio senza piegare. Questa esperienza offre un mezzo semplicissimo di fare i solaj con molta solidità con travi di poca grossezza, formandoli con travi curvate unite a travi rette in modo che quelle non possano piegarsi, come si vede rappresentato dalla figura 2.

Supponiamo che per fare un solajo di 15 piedi in opera, non si abbiano che travi grosse 5 pollici mentre dovrebbero avere 7 pollici e 6 linee: si taglierà la parte superiore della prima trave in forma di curva per applicarvi la seconda che si farà piegare con legami di ferro, come si vede nella suddetta figura, messi alla distanza di 3 in 4 piedi gli uni dagli altri. Si darà alla curvatura la metà della differenza fra lo spessore della trave e quello che dovrebbe avere, cioè fra 5 pollici e 7 pollici e 6 linee, che dà 1 pollice e 3 linee; in guisa che la prima

trave avrà 5 pollici nel mezzo e 4 e $\frac{1}{2}$ alle estremità. Per rendere orizzontale la parte superiore di questo insieme si accomoderanno alle estremità delle travi dei pezzi angolari a cuneo. Collo stesso processo si possono formare delle travi grosse riunendo due di tali sistemi l'uno contro l'altro, o componendolo di pezzi più forti.

Così per un solajo di 28 piedi di larghezza in opera, le travi del quale dovrebbero avere la diciottesima parte di tale larghezza od i piedi, 6 pollici ed 8 linee, se non si hanno che travi di 8 pollici, la differenza sarà di 10 pollici ed 8 linee, la cui metà, 5 pollici e 4 linee, indicherà la curvatura che dovranno avere le travi superiori. Invece di tagliare la curvatura nelle travi inferiori, che debbono essere posate orizzontalmente, si possono applicare sopra queste de' pezzi tagliati in curva, con una grossezza nel mezzo eguale a 4 pollici e mezzo, ridotta a zero nelle estremità. Su questa specie di centinatura si poseranno le doppie travi che si faranno piegare col mezzo di legami di ferro, come abbiamo spiegato poc'anzi, e vi si aggiungeranno i cunei per eguagliarli.

La figura 8 indica il profilo e la sezione nel mezzo di questa specie di travi.

La minor grossezza di queste travi armate nei luoghi dei punti d'appoggio deve essere il terzo della grossezza nel mezzo, perchè abbiano la forza e la fermezza che ad esse convengono.

Circa a questo spessore nei punti d'appoggio, la teoria dimostra che deve essere eguale alla radice del quadrato dello spessore nel mezzo, diviso per la metà della lunghezza fra gli appoggi. Così per una trave grossa nel mezzo 16 pollici, la grossezza nel luogo degli appoggi dovrebbe essere 5 pollici e $\frac{4}{11}$. Molte sperienze fatte sui legni acorniciati in questa maniera paragonati ad altri della stessa lunghezza e che avevano uno spessore eguale a quello del mezzo dei pezzi scorniciati, hanno portato presso a poco lo stesso peso; ma quelli terminati da legni curvi portano un terzo di più.

Per formare queste armature non è assolutamente necessario che le travi di cui si compongono abbiano tutta la lunghezza; ma possono essere di due pezzi riuniti a zeta, e posati in modo che le commessure di questi pezzi sieno collegate le une sulle altre.

Siccome il ferro resiste più del legno con una forza assai considerevole, alle travi ed ai puntoni dei precedenti esempi si possono sostituire barre di ferro solidamente fermate alle estremità sopra una specie

di ritaglio applicato sulla trave retta, come lo indica la figura 4; per l'altezza della curvatura si prenderà la differenza fra lo spessore della trave che si ha da disporre e quello che essa dovrebbe avere.

Lo spessore della barra di ferro curvata deve essere mezza linea ogni piede di lunghezza con una larghezza doppia.

Per le travi minori basta una sola barra posata nel mezzo; se ne metteranno due per le travi maggiori corrispondenti al mezzo di ciascuna delle altre al basso; i legami di ferro saranno posti come nelle armature di legno, ma siccome fa duopo che passino sopra le barre di ferro curvate, saranno incassate per la loro grossezza nel pezzo ritagliato.

È facile concepire che se il segmento formato da una barra di ferro non fosse empiuto da un ritaglio di legno, esso tenderebbe a piegare piuttosto che a restringersi, e non avrebbe resistenza bastante.

La maggior forza occorrente per ammaccare il legno, comprimendolo secondo la direzione delle sue fibre, spiega un mezzo straordinario impiegato, figure 3, da alcuni costruttori per dare maggior forza alle travi. Questo mezzo consiste nel segare trasversalmente la trave nel mezzo fino ad un terzo del suo spessore verticale; si posa quindi un puntello sotto di essa per innalzarla nel mezzo, e si pianta un cono nel taglio della sega che fa piegare la trave e le dà maggior rigidità.

Le sperienze di M. Parent, dell'Accademia delle Scienze, e quelle ripetute dappoi, provano che le travi segate e munite di cunei hanno una forza che è circa un sesto più di quella che le stesse avrebbero se non fossero così segate ed armate.

CAPO SECONDO

DELLE SCALE, DELLE VOLTE, E DEI PONTI.

ARTICOLO I.

Delle Scale.

Le scale di legname si compongono come quelle in pietra di gradini sostenuti da muri, da fascie o da alberi detti di punto fermo, e talvolta dal sistema dei tagli e dalla commessura, come nelle scale, che hanno i gradini profilati all'estremità. La posizione delle scale e la forma dello spazio in che sono poste danno luogo ad una quantità quasi infinita di varietà nelle piante e disposizioni di esse. Possono essere a rampe rette praticate fra due muri o sostenute da fascie; possono girare attorno ad uno o più colonne come indicano le figure 2, 6, della Tavola XCII; 2, 6, Tavola XCII *bis*; e possono essere assoggettate ad ogni specie di piante sì regolari che irregolari.

Le principali difficoltà che s'incontrano nell'esecuzione delle scale consistono nel distribuire i gradini in pianta relativamente ai punti di partenza e d'arrivo, e in ispezialità per le scale di disimpegno, collocate di spesso in siti limitatissimi.

Qualunque sia la pianta di una scala è necessario che la divisione dei gradini sia fatta egualmente sopra una linea che passa per mezzo alle rampe. Quando vi sono avvolgimenti la divisione di essi deve farsi sopra un arco di cerchio che si unisce colla linea di mezzo delle parti rette. Negli spazi quadrati o rettangolari non si ha verun riguardo alle parti X, Tavola XCII, che sono al di là dei cerchj inscritti dirimpetto alle voltate. L'altezza dei gradini varia dai pollici 5 e $\frac{1}{2}$ ai 6 e $\frac{1}{2}$, e la larghezza o pedata, dai 9 ai 12 pollici.

Le antiche scale di legname erano quasi tutte a risolve con un albero pieno e rotondo che partiva da terra. I locali in cui erano costrutte erano rotondi o quadrati, e talvolta formavano poligoni di 5, 6 od 8 lati, figure 2, 6, Tavola XCII; 2, 5 Tavola XCII *bis*.

Negli spazj lunghi e rettangolari ove la larghezza poteva contenere due rampe si facevano le scale a due alberi uniti da traversi con pianerottoli alle estremità, figure 1 e 2, Tavola XCII *bis*. Quando la lunghezza delle fascie non era grande abbastanza per contenere il numero dei gradini necessarij per formare una rivoluzione sotto la quale si potesse passare, invece di pianerottoli si mettevano de'gradini voltanti, figure 1 e 2, Tavola XCII *bis*.

Negli spazj rettangolari che avevano molta larghezza si mettevano quattro alberi sorgenti dalla pianta, riuniti da fascie per sostenere i gradini, che formavano un vuoto nel mezzo; vi si vedevano pianerottoli agli angoli, o gradini voltanti se lo spazio era piccolo, figure 5 e 6, Tavola XCII *bis*.

Ond' evitare l'inconveniente dei gradini voltanti che al collo non hanno quasi larghezza, i moderni hanno imaginato le scale a giorno cogli alberi vuoti sostenuti da fascie; e ad esse si è dato nome di quarto di giro (*quartier tournant* o *quartier de vis à jour suspendu*). Con questa disposizione il di sopra e il di sotto delle fascie essendo apparenti in tutta la loro lunghezza è necessario che queste superficie e gli spigoli che formano si uniscano senza piegature nè tortuosità, come anche l'appoggio della rampa di ferro che vi si pone sopra.

La linea retta o curva o mista che forma lo spigolo superiore della fascia deve per la regolarità essere dovunque ad una stessa distanza dagli spigoli dei gradini che uniscono l'interno della fascia, in guisa che questi spigoli i quali determinano la curva superiore della fascia debbono essere disposti in modo da formare una linea che si diriga uniformemente in tutta la sua estensione senza tortuosità nè piegature nè gomiti.

Per giugnere a tale conviene considerare che se tutti i gradini di una scala avessero le larghezze e le altezze eguali, lo sviluppo della linea che passa per gli spigoli di questi gradini sarebbe sempre una retta; e che se la larghezza varia, la linea di sviluppo non può essere che una linea curva o poligona.

Quando dopo più gradini di una stessa larghezza, per esempio di 12 pollici, se ne trovano altri che non hanno che 4 pollici nei luoghi delle fascie, le linee che passano pei loro spigoli formano al loro incontro una piegatura che convien levare. Così nelle scale a due branche, riunite da un nocciuolo vuoto semicircolare, come quelle rappresentate

dalle figure 1 e 2 Tavola XCIII, i gradini non potendo avere tanta larghezza attorno a questo nocciuolo come quelli che corrispondono alla fascia retta, deve formarsi una piegatura all'incontro delle linee che passano per gli spigoli di questi gradini. Per far sparire questa piegatura che produce un cattivo effetto, si aumenta progressivamente la larghezza dei gradini a ventaglio (*dansantes*), in modo di formare una curva che tolga l'angolo formato dall'incontro delle due linee delle rampe.

L'aumento per formare la continuità, si prende nei gradini più prossimi ai piccioli; il numero di quelli che debbono allargare deve essere in ragione della loro differenza nella larghezza. Supponiamo, per esempio, che le picciole larghezze dei gradini sieno di 4 pollici e le grandi di 12, si prenderanno quattro gradini stretti e due larghi; si cercherà quindi la differenza fra sei picciole larghezze e quattro picciole e due grandi. Questa differenza indicherà la somma di una progressione aritmetica composta di 6 termini esprimenti l'aumento da farsi alle picciole larghezze per ciascun gradino. Esempio:

Sei picciole larghezze di quattro pollici ne fanno 24; ma siccome pel concordamento si debbono prendere quattro picciole larghezze formanti 16 pollici, e due grandi di 12 pollici, che ne danno 24, lo spazio da riempire sarà 40 pollici, cioè 16 pollici più che le sei picciole larghezze. Questa differenza di 16 pollici è quella che deve esprimere la somma della progressione aritmetica indicata da $1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$, la cui somma è 21. Così avendo diviso 16 pollici col compasso o col calcolo in ventuna parti eguali, si troverà l'unità, che forma il primo termine di questa progressione, di linee 9 e $\frac{1}{7}$; il che dà pel

primo gradino	4 pollici + 0 pollici	9 lin. $\frac{1}{7}$
pel secondó	4 pollici + 1 pollice	6 lin. $\frac{2}{7}$
pel terzo	4 pollici + 2 pollici	3 lin. $\frac{3}{7}$
pel quarto	4 pollici + 3 pollici	0 lin. $\frac{4}{7}$
pel quinto	4 pollici + 4 pollici	9 lin. $\frac{5}{7}$
pel sesto	4 pollici + 4 pollici	6 lin. $\frac{6}{7}$

e per sei gradini 24 pollici + 16 pollici, cioè pollici 40 come lo spazio da riempire.

Questo ragguagliamento può farsi anche con un mezzo geometrico, molto più semplice, rappresentato dalla figura 4, che è uno sviluppo

delle parti di fascia retta e curva che corrispondono alle piccole e grandi larghezze dei gradini. Essendo eguale l'altezza di tutti, ne risultano linee di branche diverse che formano un angolo in F: fatto F G eguale ad F G, si elevano dai punti G, G, delle linee indefinite perpendicolari alla direzione delle branche sulle quali si trovano: il punto H ove queste perpendicolari s'incontrano sarà il centro dell'arco di cerchio che deve formare l'accordo delle linee di rampa.

Le linee delle altezze dei gradini descritte su questo sviluppo daranno colla loro intersezione colla curva di accordo, i punti 1, 2, 3, 4, 5 e 6 che indicheranno la larghezza del collo degli scalini contro le parti della fascia retta e della curva. Si avranno queste larghezze progressive abbassando le perpendicolari 6 a, 5 b, 4 c, 3 d, 2 e, 1 f, che daranno a 5, b 4, c 3, d 2, e 1, ed f B, che si porteranno nello stesso ordine sulla pianta, figura 2, in 6, 5; 5, 4; 4, 3; 3, 2; 2, 1; 1, B: da questi punti e da quelli che dividono la linea descritta sul mezzo della larghezza delle rampe, si tireranno delle linee esprimenti la direzione e il davanti di ciascheduno.

Nelle isele antiche i gradini non sono formati che di pezzi di travi e travicelli, di 5 in 6 pollici di grossezza, posati in piano dimagrati al di sotto, appianati superiormente e profilati davanti: questi gradini erano incastrati con un capo nel muro o nell'assito, e coll'altro nei traversi. Si mettevano panconcetti al di sotto dei gradini per formare la chiocciola o soffitta in gesso; le unioni al di sopra erano murate e mattonate per la mancanza dei gradini, come lo indica la figura 4 della Tavola XCII bis.

Attualmente si fanno i gradini in legno pieni come quelli di pietra, e si posano gli uni sugli altri come indicano le figure 5 e 7, Tavola XCII: il di sotto ancora si arriccia in gesso sui panconcetti uniti, il che contribuisce ad unire i gradini con maggiore solidità. Per conservare l'intonaco sul suo contorno e prevenire l'isolamento che succede diseccandosi il legno, si pratica all'interno delle fascie lungo il loro margine inferiore una incavatura r, figura 5.

Si posano pure i gradini tagliati, il che procura la facilità di riunirli fortemente fra loro col mezzo di chiavi e di caviglie, come si vede nelle figure 12 e 13. In questo modo i legni possono restare scoperti al di sotto, trovandosi fatta naturalmente la chiocciola dallo smarrimento dei gradini: soltanto in questo caso, è utile fare in modo che

le commessure si trovino ricoperte al di sotto da una linguetta formante sporto sotto ciascun gradino come nei gironi salienti, onde celare le disunioni che risultano dalla variazione dei legni. Questi pure sono come i precedenti, incastrati con un capo nelle fascie e coll'altro nei muri.

Le fascie rette si descrivono secondo il profilo; hanno ad un lato una incavatura per ricevere i gradini. La faccia superiore e l'esterna sono appianate, ed ornate di modanature negli spigoli.

Circa le fascie curve, gli alberi vuoti o i quarti di giro (*quartiers tournans*), se ne trovano gli sviluppi operando come abbiamo spiegato nel Libro IV, Sezione VI, Capo IV, parlando delle scale in pietra di taglio. Si forma una sagoma secondo la curva allungata che dà l'inclinazione dei pezzi; questa serve a formare le superficie incavate e rotonde delle faccie interne ed esterne dell'albero incavato (*quartier tournant*), o fascia curva di cui si tratta. Queste operazioni sono indicate sulle figure 8, 9, 10 ed 11, ove tutte le parti corrispondenti sono marcate colle stesse cifre e lettere onde facilitare l'intelligenza.

Se l'incavamento è troppo considerevole per la grossezza del legno di cui si può disporre, si faranno questi alberi vuoti o fascie curve in molti pezzi riuniti come nelle scale di pietra o a zeta con chavi. Per la solidità conviene che la quantità di legno tolto per l'incavatura non ecceda lo spessore di quello che rimane onde il suo filo non sia troppo acuto.

Le figure 1, 2, 3, 4, 5 e 6 della Tavola XCIV, indicano la pianta, il profilo ed i dettagli d'una scala a giorno sopra una pianta rettangolare. Le fascie rette sono riunite da quarti di giro (*quartiers tournans*), la curvatura dei quali è un quarto di cerchio. L'elevazione delle fascie è in faccia di ciascuna rampa. La corrispondenza delle linee d'operazione è indicata dalle stesse cifre e dalle stesse lettere.

Convien osservare che acciò due altezze di gradini non cadano a piombo l'una dell'altra sopra uno stesso punto, all'incontro delle fascie, si è scantonato il davanti dei gradini che formano i pianerottoli per la grossezza delle fascie. Il ragguagliamento dei quarti di giro (*quartiers tournans*) coi traversi si fa come si è spiegato più sopra, pagine 72 e 73.

Essendo i legnami soggetti a degradarsi e a rilassarsi nel loro insieme si mantiene l'unione di tutte le parti con regoli di ferro incassati per la loro grossezza sulle commessure dei pezzi formanti i traversi; questi pezzi sono anche uniti alle pareti dello spazio in cui è la scala

con grosse cavicchie di ferro infisse nel muro o assiti nei quali è rinchiusa la scala.

Quando i nocciuoli incavati terminanti le rampe di una scala mettono capo ad un gran ripiano come quello indicato da P nella figura 1, se ne fa sostenere una parte a forti pezzi infissi nel muro, che si chiamano scalini di ripiano (*marches palières*) come si vede nel dettaglio, figure 4 e 5.

Si fa così pure nelle scale a rampe profilate all'interno come quelle di cui si è parlato nell'ultimo capo della stereotomia: la tenacità dei legnami può anche permettere in certi casi di profilare i gradini all'esterno in guisa che la scala rimane interamente isolata. Nel primo caso il capo esterno dei gradini trovandosi infisso nelle pareti della gabbia, le qualità dei legnami procurano a queste scale una solidità maggiore di quelle in pietre di taglio. Nondimeno siccome la pressione è meno forte sui tagli, avuto riguardo al diverso peso delle materie, ne risulta che i gradini in legno sarebbero esposti a disunirsi, se non si avesse la cura di riunirli insieme col mezzo di chiodi di ferro fermate a copiglie da un gradino all'altro.

Circa le scale interamente isolate è facile concepire alla sola vista dei dettagli della loro costruzione, rappresentati dalle figure 8, 9 e 10, che la potenza dei mezzi ai quali debbono la loro esistenza non potrebbe estendersi oltre le più ristrette dimensioni.

Si parlerà delle piccole scale di disimpegno i cui gradini sono di tavole, nel Capo IV, Sezione II del VI Libro, perchè i falegnami di minuterie sono quelli che d'ordinario le costruiscono.

NOTA

SUL MODO DI DESCRIVERE LE EVOLUTE O LE SPIRE FORMATE DAI TRAVERSI
SUI PRIMI GRADINI.

Le scale terminano al basso ordinariamente con spire od evolute come si vede indicato dalla figura 1, Tavola XCIII.

Il principio dell'operazione che serve a descriverle da noi spiegato nel Libro III parlando degli archi rampanti, sta in ciò, che gli archi de' cerchi che si uniscono debbono sempre avere i loro centri sopra una stessa linea.

Allorché trattati di una completa rivoluzione, la somma degli archi deve essere di 360 gradi; è necessario inoltre che i raggi diminuiscono in un rapporto che dia una forma elegante.

Per rendere più facile questa operazione abbiamo formato la voluta, figura 1, della Tavola XCV, che noi diamo ad esempio, con archi di 60 gradi, ne quali la corda essendo eguale al raggio, determina sempre la misura. Questa voluta essendo accompagnata da un primo gradino che segua lo stesso contorno ne risultano tre spirali, due che finiscono gli spigoli del traverso ed una pel gradino.

Le due spirali del traverso partono da una stessa linea perpendicolare alla sua direzione, che è il prolungamento del terzo gradino. Per la spirale esterna che parte dal punto A, si è portata la larghezza del traverso AB, da B in L; e dal punto L come centro si è descritto il primo arco AC, che si è finito a 60 gradi, facendo col raggio AL, dal punto A come centro, una sezione in C; e si è quindi condotta LC. Dello stesso punto L e con LB per raggio si è descritto l'arco BI che è pure di 60 gradi.

Siccome i due lati debbono riunirsi a questo punto I, si è determinato sopra IL un punto M che diviene il primo e l'ultimo centro di una rivoluzione completa di spirale, e che in questo caso si trova situato ad un quarto di IL.

Si è quindi diviso IC, differenza dei raggi MC ed MI, in sei parti eguali per formare la diminuzione dei raggi. Dal punto M si è descritto l'arco CD, che si è determinato a 60 gradi, facendo una sezione in D col raggio MC. Portata quindi una delle divisioni di IC da M in I si è descritto da questo punto l'arco DE, che si è pure determinato a 60 gradi, facendo in E una sezione col raggio ID.

Stessa linea I E si è portata come più sopra una delle divisioni di IC da I in 2; si è descritto l'arco EF che si è finito a 60 gradi, collo stesso senso si perviene a descrivere dal punto 5 l'arco HI che si unisce con BI. Si è terminato il contorno della spirale del punto O preso alla metà di SM descrivendo l'arco IK. Si vede che tutti i centri, a partire da M, formano un esagono regolare inscritto in un cerchio il cui raggio è eguale ad una delle divisioni di IC. I lati di questo poligono prolungati indicherebbero i punti ove gli archi debbono congiungersi, ma siccome questi lati sono picciolissimi, l'altra maniera è più sicura.

Per la spirale che forma il cordoncino del gradino che termina in BI si è prima descritto dal punto M un primo arco $a b$ che termina alla linea MD prolungata. Quindi portato LB da M in P, si è diviso P b in 5 parti, una delle quali si è portata da M in 7, poscia dal punto 7 come centro si è descritto l'arco $b c$ di 60 gradi. Condotta 7 c, si è portato da 7 in 8 una parte eguale ad M 7, e dal punto 8 si è descritto un secondo arco di 60 gradi, da c in d.

Fatto pure 8 g $\equiv$ 7 M si è descritto un terzo arco $d e$ di 60 gradi, e si è condotta g e che taglia BL prolungata al punto 10, da cui si è descritto l'ultimo arco $e f$ che essendo pure di 60 gradi, da e in 10 $\equiv$ 10.

Non basta che la voluta di una scala formi in pianta un contorno piacevole, conviene che lo alzato presenti lo stesso vantaggio. Onde convenirvi è necessario fare lo sviluppo di questi spigoli come si vede nella figura 2.

Si è cominciato dal portare sopra una linea retta o i lo sviluppo della spirale ACDEFGHI, che forma lo spigolo superiore della voluta; quindi elevate alle estremità le perpendicolari Aa, Ii, si è condotta l'orizzontale BSI per indicare l'altezza, ove deve terminare il di sopra della voluta. Fatta poscia Aa eguale all'altezza di due gradini, si è tirata la linea di rampa del traverso, che si è prolungata fino all'intercetto dell'orizzontale BI al punto S. Avendo fatto AS $\equiv$ ST, dai punti A e T sono elevate delle perpendicolari indefinite alle linee AS ed ST, che s'incontreranno in un punto X, dal quale come centro, si è descritto l'arco di cerchio AZT, che forma il ragguagliamento della linea di rampa BA colla linea di livello TI ed il profilo dello spigolo esteriore sviluppato.

Per aver quello dello spigolo interno indicato in pianta, figura 1, da BIK, si è tratto il suo sviluppo sulla linea orizzontale BT, figura 3, da B in K, e si è fatto il ragguagliamento AEK col mezzo delle due curve od archi rivolti in senso contrario.

Se s'impiegano archi di cerchio, i loro centri debbono essere sulle perpendicolari KL ed AT.

alle linee che si debbono accordare. Per trovare questi centri 1.^o si è condotta la retta AK , sul mezzo della quale si è elevata la perpendicolare indefinita MN ; 2.^o si è condotta dal punto K una parallela AX prolungata, che incontra MN al punto E , 3.^o si è condotta AE ; 3.^o sulla metà delle rette AE , EK , si sono elevate delle perpendicolari che incontrano quelle erette dai punti A , K , delle linee da accordare, ai punti F ed H che sono i centri degli archi di accordo da descriversi coi raggi AF , KH .

Quindi, per avere la corrispondenza delle curve di questi spigoli, si è divisa la lunghezza della base BT , figura 1, dello sviluppo della curva maggiore AZT in parti eguali, dalle quali si sono elevate delle perpendicolari; e da tutti i punti ove tagliamo questa curva, si sono condotte parallele all'orizzontale BT che incontrano l'altra curva AEK , in punti ove si abbassano le verticali che danno sulla base BK le divisioni da portare sulla curva in pianta BHK , figura 1.

Da ciascuno di questi punti e da quelli che hanno servito per lo sviluppo dell'altra curva, che sono marcati cogli stessi numeri, si sono condotte delle linee rette che indicano il senso nel quale conviene condurre il regolo sul di sopra del traverso perchè discenda a livello da uno spigolo all'altro fino al termine della evoluta.

ARTICOLO II.

Delle volte di legname.

Le prime volte di legname furono probabilmente quelle che si praticarono sotto i tetti elevati onde ottenere in certi casi maggiore altezza nell'interno degli edificj senz'augmentare al di fuori il volume della massa apparente. Lo stabilimento delle volte di legno non importando le stesse spese che esige quello delle volte in murazione, si ricorse a questo mezzo ogni volta che, senz'altre disposizioni preventive, la forma del cerchio fu giudicata preferibile alla linea retta per terminare il taglio di una capacità. Questo processo fu conosciuto dagli antiehi Romani; ma sembra, secondo Vitruvio, che non ne facessero uso che nelle costruzioni particolari. Abbiamo fatto conoscere parlando degli stuechi, nel Libro IV, Sezione IV, Capo III, le particolarità in cui entra quest'autore sulla formazione delle volte di questo genere, e noi abbiamo osservato che l'insieme ch'egli descrive non poteva mai produrre un'opera molto solida oltre le dimensioni più ristrette. D'altronde non si potrebbe dubitare che l'arte non abbia avuto presso gli antichi altri mezzi per formare le superficie curve in legname; e senza cercarne altre prove basterà ricordare quel quartiere di Roma, situato fra il monte Esquilino e la porta Capena, chiamato *Carinae*, i tetti del quale curvati in forma di carene presentavano la figura di navigli rovesciati.

La grande elevazione dei tetti onde una volta si coprivano gli edificj e la disposizione dei pezzi che li componevano, li rendevano molto proprj a contenere la curvatura esterna delle volte senza che potesse risultarne verun inconveniente per la solidità di un fabbricato; però le chiavi e talvolta anche i monachi delle armature restavano scoperti all'interno; ed in tal modo erano formate le volte di legname in un gran numero di chiese antiche delle quali alcune esistono ancora.

Talvolta pure ad imitazione degli antichi, l'estradosso della volta formava in parte la superficie dei tetti in modo da figurare esattamente la parte inferiore di un naviglio, come nei tetti all'imperiale, figura 5, Tavola LXXXIII.

Le volte costrutte sotto le impalestre sembrano di più moderna invenzione.

Se si considerano le volte relativamente alla loro superficie si possono dividere in due classi principali; la prima comprenderebbe tutte quelle che sono piane in un senso e curve nell'altro, come le volte cilindriche, coniche ed altre di questo genere; la seconda comprenderebbe le volte a superficie curva in tutti i sensi.

Secondo questa divisione tutte le volte della prima classe possono essere composte di pezzi retti combinati con altri che abbiano la curvatura della volta. In quanto a quelle della seconda classe non possono essere formate che da una combinazione di pezzi curvi verticali ed orizzontali.

Onde giugnere a far bene le volte di legname conviene conoscere la natura degli elementi che le compongono tanto in linee rette quanto in linee curve, come anche la maniera colla quale si combinano perchè i pezzi di legno che entrano nella composizione debbono, per quanto è possibile, seguire la stessa disposizione, il che facilita assai il modo di eseguire le volte, e le rende più solide.

Volte a semplice curvatura.

Le figure 1, 2 e 3 della Tavola XCVI, rappresentano una delle varietà delle volte a botte fatte nei tetti de' quali la figura 4 è la pianta comune.

Nella figura 1 vedesi una curvatura gotica praticata in un tetto elevatissimo. Vi si è figurata la chiave A, collocata innanzi alle travi maestre come vedesi in qualche chiesa antica.

La figura 2 rappresenta un tetto elevatissimo, con una volta a tutto sesto ove si potrebbero del pari conservar le chiavi o piuttosto catene di ferro che sarebbero meno apparenti, come vedesi nella maggior parte delle chiese d'Italia.

La figura 3 indica una volta ribassata in un tetto ancora meno elevato.

Nei più antichi edifici, la curvatura delle volte è tagliata nei pontelli commessi ai puntoni delle armature come vedesi indicato dalle figure 2 e 3. Quando trattasi di una volta cilindrica compresa fra due muri paralleli, figura 4, basta un solo modello per tracciare tutte le curve che debbono formarla, perciocchè la curvatura è dovunque la stessa.

Se i muri fra i quali la volta è compresa non sono paralleli, figura 8 ed 11, il diametro di essa varierà ad ogni punto, e se vuoi che la curvatura della volta sia dovunque un semicerchio, la volta sarà conica, figure 6, 7 e 8, la solidità e le origini della quale saranno in declivio, il che non sempre convieue; ma in tal caso prendendo un semicerchio per curvatura della parte più stretta puossi formar quella delle altre con semiellissi, il cui asse orizzontale aumenterà come la larghezza, mentre l'altezza sarà dovunque eguale a quella del semicerchio, figure 9, 10 ed 11. Frezier indica questa specie di volte col nome di *conicocilindrica*.

Le curve della volta conica non sono difficili da descrivere poichè su tutti i punti i profili intermedj danno semicerchi che hanno per raggio la semilarghezza corrispondente, figure 7 e 8.

In quanto a quelle dell'altra volta, sono esse ellissi delle quali si conoscono i due assi, e che possono tracciarsi col metodo indicato nel Capo I del Libro III, servendosi dei fuochi, o delle ordinate del semicerchio che forma la curvatura della parte più stretta, come vedesi indicato nella figura 5.

Fa duopo rimarcare, 1.^o che questo mezzo di rallungare la curva, secondo una data curvatura, è lo stesso per tutte le specie di volte, cilindriche, coniche, ed in generale per tutte quelle formate da curve riunite da linee rette; 2.^o che tutte queste specie di volte dovendo essere composte di curve posate verticalmente, il formarle in leguo consiste nel combinarle colle traverse che le riuniscono e che sono rette sempre; non essendo ordinariamente il di più che un riempimento formato da una panconcellatura coperta di gesso o di stucco, e rarissimamente da quadri di legname minuto formante scomparto colle curve; 3.^o che ciascuna curva essendo compresa fra due piani paralleli formanti la grossezza di essa, possono riunirsi sul modello, il che ne rende facilissima l'esecuzione.

Le figure 12, 13, 14, 18, 19 e 20 sono sezioni di volte a crociera ed a schifo sopra piente di uno stesso diametro e di diverse elevazioni di curvatura, figure 15 e 21.

Per costruir queste volte, si comincia dalle curve delle diagonali A C, B D, che formano gli angoli salienti nelle volte a crociera e gli angoli rientranti nelle volte a schifo.

In questi due casi si può unire insieme la superficie delle volte cogli spigoli di tali curvature, con pezzi retti o con pezzi curvi.

Per le volte a crociera si mettono contro i muri le curve formanti l'arcata delle lunette, nelle quali si commette una delle estremità dei pezzi retti d, d , e l'altra di esse posa nelle curvature diagonali, figure 12, 13, 14, 15 e 16.

Per le volte a schifo i pezzi d, d , si posano paralleli ai lati e si commettono per tutte e due le estremità nelle curvature diagonali, figure 18, 19, 20, 21 e 22.

Nelle volte a crociera quando si vuol riunire gli spigoli d'incontro sulla diagonale, con pezzi curvi, fu duopo disporre questi pezzi paralleli alle arcate delle lunette poste contro i muri. La lunghezza di questi pezzi c, c , sarà determinata sulla pianta dai lati de' quadrati inscritti fra le diagonali, figura 15.

Nelle volte a schifo, le curve di unione sono segmenti di quelle che s'incrociano nel mezzo. Queste curve si al basso in una traveretta $a b$ posta lungo ciascun muro all'altezza delle origini, e superiormente nelle curvature diagonali, figure 18, 19, 20, 21 e 23.

Dietro ciò che è stato detto precedentemente non vi possono essere che le curvature diagonali $A C, B D$, che presentino qualche difficoltà, perocchè sulla loro larghezza debbono contenere da ciascuna parte dello spigolo di mezzo, parti di lunette che si riuniscono nella diagonale.

Essendo la larghezza di tali arcate compresa fra due piani paralleli si comincerà, per la volta a crociera, dal formare col mezzo di una sagoma rilevata dal modello, una superficie secondo la curva della diagonale, come per formare una sezione perpendicolare a tal diagonale. Fatta questa curva e tracciato il mezzo, si taglierà la parte inferiore secondo l'angolo che deve formare: ciò darà un punto f , figura 24, secondo il quale si traccierà colla stessa sagoma una seconda curva, che sarà disugualmente distante dalla prima. Portate quindi le stesse divisioni sulle due curve, cioè su quella tracciata sul mezzo del pezzo e la seconda posta sul davanti, nei punti corrispondenti, si condurranno linee rette per abbattere rettamente il legno da una curva all'altra: operando in tal modo si avvolgerà lo spigolo sagliente della volta ed una parte delle lunette formanti questo spigolo col loro incontro. Se questa volta deve essere estradossata, si traccierà la parte superiore con una sagoma che abbia tutta la grossezza della volta.

Col mezzo di tali sagome si potrà formare la curvatura di quanti

pezzi vorrassi, nneudoli a zigzag sulla grossezza affinchè il legno sia meno troncato e della minore grossezza.

In quanto alla volta a schifo fa duopo incavare lo spigolo del mezzo dopo aver formato la sezione degli spigoli esteriori. Per aver la misura dell'incavamento si traccerà sopra una delle faccie esteriori, colla sagoma, la curva del punto più addentrato *f*, figura 25, ov'essa deve cominciare; quindi si traccieranno le linee rette per indicare in quale direzione fa duopo presentare il regolo su ciascuna faccia per svolgere lo spigolo rientrante. Quest'operazione esige maggiori precauzioni che per formare uno spigolo sagliente.

Volte a doppia curvatura.

Tutte le volte innalzate sopra basi circolari o ellittiche, qualunque sia la curvatura dell'arcata di esse, si compongono di curve tendenti al centro, commesse inferiormente in una piattaforma posata al punto delle origini, e superiormente in traverse messe a diverse altezze, ad eccezione di quattro armature principali che possono incrociarsi oppure unirsi in un picciolo monaco, Tavola XCVII, figure 1, 2, 3 e 4.

Il poco spessore di queste curve rapporto alla circonferenza della volta, rende inutile l'incavare la faccia di essa sul senso della grossezza, come anche quella delle traverse; tanto più che non sono fatte che per ricevere la paneoncellatura per l'intonaco che deve formare la superficie interna della volta.

Quando la volta sorge sopra una pianta ellittica, le curve cangiano a ciascun punto; ma siccome esse sono sempre quarti d'elisse di cui si conoscono i due semiassi, non è affatto difficile il descriverle; e qualunque sia la curvatura della pianta, convenien prendere quella che passa pel mezzo dello spessore.

Le curve più difficili da eseguirsi bene sono quelle che formano gli spigoli delle lunette che penetrano una volta sotto la sua sommità, come si possono praticare nelle volte a botte, a schifo, sferiche o anulari; perchè essendo a doppia curvatura, i pezzi di legno che debbono formarli comportano sviluppi, il tracciamento de' quali esigerebbe superficie preparatorie; e siccome importa il non impiegare che legnami di conveniente grossezza, fa duopo trovare, dietro le proiezioni di essi in pianta ed in elevazione, l'allungamento delle curve, cui deve dare

lo sviluppo di questi pezzi, ond' avere il prisma nel quale possono essere comprese.

Le figure 6, 7, 8 e 9 indicano l'elevazione, la pianta ed il profilo di una mezzaluna a tutto sesto, che penetra una volta a botte pure a tutto sesto, ma di diametro maggiore.

Per eseguire in legname questa mezzaluna, si suppone una specie di armatura composta di due travi G H A E, B F K I, figura 6, inclinate in senso contrario, e riunite in un pezzo di legno orizzontale in cui sono commesse; la grossezza di questi pezzi è grande abbastanza acciò vi si possano incavare le parti di superficie curve che debbono nella mezzaluna formare lo spigolo a doppia curvatura. Questa disposizione è indicata nel profilo, figura 7, e nella pianta, figura 9, colle stesse lettere e cifre, per meglio indicare la corrispondenza di esse e quella delle linee d'operazione.

Le figure 8, 10 ed 11 sono gli allungamenti delle faccie di travi su cui si sono tracciate le curve per la formazione delle superficie, l'incontro delle quali esprime lo spigolo a doppia curvatura ch'esse debbono formare.

Il pezzo orizzontale che riunisce i due travi inclinati non è punto difficile da tracciare; esso è un prisma che può tagliarsi col mezzo di una sagoma indicata nel profilo da T R E P Q, figura 7.

Per formar l'apertura della mezzaluna s'incava la parte che vi corrisponde, col mezzo di una curva E D F, figura 6.

Quando le mezzelune sono troppo grandi per esser fatte con quattro pezzi, si possono fare in cinque o sei, commessi a metà legno con pieghe e chiavi, come si vede indicato dalle figure 12 e 13.

Per trovare l'allungamento dei pezzi, si opererà per ciascuna parte come abbiamo spiegato. Si formerà il poligono inscritto nell'alzata, nella pianta e nel profilo, secondo i quali si traccieranno le curve da applicarsi sopra ciascun pezzo.

Si userebbe lo stesso processo per una mezzaluna in imbico, rialzata o ribassata, secondo una curva qualunque.

Se la mezzaluna è praticata in una volta sferica o sferoidale, per operare con maggior precisione, fa duopo attaccare alle estremità dei pezzi obliqui o inclinati delle curve di penetrazione, il modello della proiezione di esse, come vedesi indicato dalla figura 14, come si è già detto nella stereotomia. In quanto alle commessure, esse debbono esser

fatte piuttosto pei pezzi quadrati *f* ne' quali sono prese le curve che pei pezzi curvi, specialmente i maschi, onde sieno a seconda delle vene del legno.

Volte di legname praticate sotto i solaj.

Le più belle in questo genere sono quelle composte di curve con un plafone nel mezzo come sono quelle del Louvre. Questo può essere talvolta un mezzo ingegnosissimo di sollevare la portata troppo grande delle travi di un solajo, qualunque sia la forma della pianta.

I solaj a curve convengono ai grandi appartamenti de' principi ed alle sale regie: si possono decorare di sculture, di dipinti e di dorature.

Dando a queste curve una altezza proporzionata alla larghezza, si possono combinare in modo da comporre armature solidissime pei grandi spazj nel genere dei ponti di legname, le quali sarebbero rivestite internamente di curve, come lo indica la figura 15.

Le figure 16, 17, 18 e 19 rappresentano le piante e i dettagli per un solajo quadrato e per uno oblungo; le figure 20 e 21 per un solajo circolare o ellittico. Queste figure indicano la disposizione delle travi, delle traverse e delle curve che debbono formarli.

Tutte le curve delle diverse specie di volte di cui abbiamo parlato, possono esser fatte di tavole raddoppiate, come quelle di Filiberto Deforme di cui parleremo fra poco, sopprimendo le traverse, che si possono mettere alternativamente sopra o sotto come vedesi espresso nella figura 5.

Ma le arcate composte di più pezzi curvi riniti in fasci come vedonsi in alcuni ponti della Svizzera, combinate coll'armatura dei tetti, sarebbero più convenienti per le volte di un gran diametro.

ARTICOLO III.

Dei ponti di Legname.

I ponti di legno si possono considerare come forti tavolati costrutti a traverso dei fiumi per comunicare da una riva all'altra e servire ad unire le pubbliche strade. I primi senza dubbio sono stati formati di

travi sostenute alle estremità da' piloni e da teste costrutte di murazione o di legname.

Fra i ponti di legno costrutti dagli antichi, i più degni di menzione sono: 1.° il ponte Sublicio a Roma; 2.° il ponte che Cesare fece costruire sul Reno pel passaggio della sua armata; 3.° Quello di Trajano sul Danubio, la cui figura esiste sulla colonna Trajana.

Ponte Sublicio.

Questo ponte fu costruito sotto il regno di Anco Marzio, quarto re di Roma, per supplire a quello che con tanta fatica fu rotto mentre Orazio Coclitte ne difendeva il passo. Plinio (1) ed altri storici riferiscono come fatto degno di rimarco che, sd evitare per l'avvenire simili difficoltà, il nuovo ponte era stato costruito in modo da poter disfatto e rifarlo al bisogno, e che non fu adoperato nessun ferro per unire i pezzi di legno che entravano nella sua costruzione. Pretendesi che il nome di *Sublicius* venisse dalla voce latina *sublica*, che significa palo, pel grande numero di essi che il sostenevano. Secondo tali indizj sembrerebbe che tal ponte dovesse offrire in quanto si mezzi d'esecuzione una grande analogia con quelli detti in Francia di *hallage*, o coi ponti di servizio stabiliti pel trasporto dei materiali nella costruzione dei ponti di pietra. Nella figura 1 della Tavola XCVIII abbiamo tentato di dare una idea dei processi che s'impiegarono e dell'aspetto che poteva presentare tale edificio.

Ponte di Cesare sul Reno (2).

La costruzione di questo ponte sì ben descritto dall'Autore nel Libro IV de' suoi *Commentarij*, non è meno rimarcabile per l'arditezza dell'impresa, che per la scelta dei mezzi che s'impiegarono per eseguirla:

(1) Finalmente a Clasio esiste il Buleuterione, grande edificio che serve alle assemblee del consiglio, ove tutta l'armatura si toglie e si rimette senza chiodi, perchè il ferro non vi si può avvicinare. I Romani hanno lo stesso scrupolo circa il ponte *Sublicio*, dopo che si pensò tanto nel rompere, mentre Orazio Coclitte ne difendeva il passo. (Plinio, Storia Naturale, Libro XXXVI, Capo 15).

(2) Questo ponte fu costruito quasi allo sbocco del Reno in mare, presso a poco fra Emmerik e Wesel, forse anche nel luogo ov'è situata la prima città, il che sembra bastantemente verisimile in riguardo alla posizione che in quel tempo aveva il campo di Cesare, quando perseguitava i Tettari e gli Ulperti. La sua lunghezza doveva essere da 500 a 600 metri.

perciò questa ingegnosa composizione è stata citata come esempio nelle opere de' più celebri architetti. Ecco in qual modo questo saggio capitano spiega l'opera sua:

« (1) Cesare per le ragioni già dette fermo avea di passare il Reno; » ma nè abbastanza sicuro credeva, nè confacente alla dignità sua, nè » del popolo romano passarlo con le navi. Pertanto, scbbene difficoltà » somma vedesse a gittarvi un ponte, attesa la larghezza, rapidità ed » altezza del fiume, deliberò nondimeno di tentarlo e di non far tra- » gettare in altra guisa l'esercito. A fabbricarlo adunque si accinse in » tal guisa. Due travi della quadrata grossezza d'un piede e mezzo, as- » sai aguzzate verso il fondo, all' altezza del fiume proporzionate, una » dall'altra due pie' distante ingangherò. Calate con ordigni, nel fiume » piantolle, e ben dentro terra con berte conficcò, non a piombo, sic- » come colonne, drizzate, ma declivi e pendenti, come dalla corrente » inchinate; a queste rimpetto altre due per egual modo foggiate, alla » distanza di 40 piedi al di sotto collocò contro il corso e l'impeto » delle acque. Le travi inferiori con le superiori etan legate per altre » grosse due piedi, poste alla sommità nell'intervallo delle commessure, » per mezzo delle due chiavi che queste avevano all'estremità, dalle quali » trapassate, e all'opposta parte rinserrate, tanto rendeano l'opera so- » lida e forte, che per crescere della violenza dell'onde vic più com- » messa reggeva. Questi lavori per lo largo dell'alveo in retta linea

(1) *Cesar his de causis, quas commoverat, librum transire decreverat: sed navibus transire neque satis tutum esse arbitrabatur, neque suum, neque populi Romani dignitatis esse statebat. Itaque, etsi summa difficultas faciendi pontis proponebatur, propter latitudinem, rapiditatem, altitudinemque fluminis; tamen id sibi contendendum, aut aliter non transendum exercitus existimabat. Rationem igitur pontis hanc instituit. Tigna bica sesquipedalis passum ab invicem praesecta, dimissa ad altitudinem fluminis, intervallo pedum duorum inter se iungebat. Haec cum machinationibus deorsum in flumen defixerat, fistulaeque adgerat, non subita modo directa ad perpendicularium, sed prona, ac fastigiata, et secundum naturam fluminis praecumberent. His item contraria duo ad eundem modum iuncta, intervallo pedum quadragenis ab inferiore parte contra vim atque impetum fluminis conversa stabant: haec utraque bipedalibus trabibus innixis, quantum eorum tignorum iunctura distabat, binis utrinque fibulis ab extrema parte distinctebantur: quibus distelsis, atque in contrariam partem revinctis, tanta erat operis firmitudo, atque ex rerum natura, ut, quo major vis aquae se inclivissimae hoc arcibus illigata teneretur. Haec directa materia injecta conterehebantur, ac longioris, emissoque conterehebantur: ne nihil secius subita ad inferiorem partem fluminis obliqua adigebantur, quae, pro pariete subjecta, et cum omni opere conjuncta, vim fluminis exciperent: et alia item supra pontem mediocri spatio: ut, si arborum trunci, sive nave, depicendi operis causa, essent a barbaris missae, his defensoribus eorum via minueretur, neque ponti nocerent.*

Dicibus x, quibus materia expta erat comportari, omni opere effecto, exercitus transducitur.

« continuati erano l'uno all'altro congiunti, per mezzo di grossi legni,
 « che i capi vi poggiavano, ed eran poscia di perticoni ricoperti e di
 « graticci; ma nondimeno afforzati venivano da puntelli condotti a tra-
 « verso sino al fondo del fiume, a guisa di parete, e da altri che con-
 « tro a tutti questi piantati, l'urto dell'acqua sostenevano; altri pure
 « n' eran piantati in mediocre distanza di sopra del ponte, onde l'im-
 « peto dei tronchi d'alberi e delle navi che da' Barbari potevano cac-
 « ciarsi per rovinarlo, scemato fosse, e nocumento ad esso non recasse.

« Compiuta l'opera in 10 giorni dacchè erasi cominciato a con-
 « durre i materiali, di là fe' Cesare passar l'esercito ». (Trad. dell'*Ugoni*).

Le varianti leggere che fra loro presentano le figure costrutte dai diversi autori dietro tal descrizione fanno a bastanza fede della sua esattezza. Alberti, per esempio, non ferma le travi coi doppi piantoni che da legami di corda, mezzo che ci sembra insufficiente; noi pensiamo che colle parole del testo *binis fibulis*, bisogna intendere due cavicchie piuttosto che due legami di corda.

Palladio fissa le travi colle doppie palafitte con piccioli asciaioni commessi a metà legno, come vedesi nella figura 2; ma questo mezzo, che è molto ingegnoso, non presenta una solidità sufficiente; questi asciaioni non sarebbero stati forti a bastanza per resistere allo sforzo che dovevano sostenere: crediamo che ciò non possa esser quello che l'autore dei *Commentarij* esprime con *binis fibulis*.

Scamozzi, indipendentemente dalle traverse che riuniscono i piantoni e sostengono le travi, aggiugne i doppi legami di corde. Dietro un nuovo esame, questo argomento ci parve suscettibile di più importanti modificazioni, col mezzo delle quali l'insieme poteva offrire un'idea più soddisfacente di quest'opera importante. Questo ha tentato di realizzare mio figlio nella figura 3 della stessa Tavola. Questa figura differisce da quella che io avea dato nella prima edizione di quest'opera, e che a Gauthy avea sembrato la più verisimile di tutte quelle proposte fino allora da varj architetti; essa è incisa nel n.° 4, Tavola II, Vol. 2.° del suo Trattato dei Ponti.

Ponte di Trajano sul Danubio.

Di tutti i documenti che ci restano sulla costruzione di quest'opera famosa, il bassorilievo, che lo rappresenta sulla colonna Trajana, è

considerato dai dotti il più esatto e fedele. Si vede nella figura 1, Tavola XCIX, che è composto di archi di legno, elevati sotto i piloni in pietra da taglio. La disposizione de' pezzi di legno formanti l'armatura di questo ponte è combinata nel modo più vantaggioso per fare un ponte solido e durevole. La curvatura degli archi è formata da tre ranghi di curve concentriche riunite da ascialloni. Le parti che sovrastano alle pile di pietra sono composte di due specie di cavalletti, ne quali si comettono le curve. Le travi formanti il tavolato del ponte sono poste a traverso e posano sopra una trave generale che termina l'armatura degli archi e delle pile. Il parapetto è composto di travi verticali riunite da croci di S. Andrea e da due travi, una delle quali forma appoggio.

La disposizione dei legnami di questa combinazione ci mostra l'arte del carpentiere fra gli antichi in uno stato molto più avanzato che non si sarebbe creduto; e se si dovesse accrescer fede alla descrizione fattane da Dione, circa alla grandezza degli archi di 170 piedi, saremmo indotti a credere che quest'arte è appena risalita al grado di perfezione che avea toccato a quest'epoca. L'artista a cui dobbiamo la conservazione di questo prezioso monumento merita la maggior confidenza pei dettagli circostanziati che offre sull'insieme della sua composizione. Si potrebbe soltanto dubitare dell'esattezza della figura dei doppi cavalletti posati sopra le pile per ricevere gli archi; noi abbiamo indicato sul pilone A la correzione di cui ci è sembrata suscettibile questa parte.

Ponti di legno di Palladio.

Questo celebre architetto offre alcuni disegni di ponti di legname combinati assai bene, alcuni de' quali sono di un arco solo.

La figura 1 della Tavola C rappresenta l'elevazione laterale del ponte di Bassano, la cui larghezza è piedi 26; la sua lunghezza è divisa in cinque arcate di 34 piedi e 6 pollici per ciascheduna; sono esse separate da pile formate da un solo filare di palafitte con pigne davanti e di dietro, come vedesi indicato dalla pianta, figura 3. Queste palafitte, che sono otto, hanno 30 piedi di altezza ed 1 e 1/2 di grossezza, distanti l'una dall'altra 2 piedi; sono ricoperte al basso da tavoloni, ed all'alto sono fermate da due ranghi di ascialloni. Sopra la superiore e verticalmente a ciascuna palafitta sono posate grandi travi che yanno da una pile

all'altra. Queste travi sono sostenute dai contraffissi E inclinati in senso contrario e poggianti superiormente contro un pezzo che raddoppia le travi nel mezzo. La lunghezza di questi pezzi G è eguale alla metà della distanza compresa fra le pile; i contraffissi hanno l'inclinazione di 45°.

Queste specie di armature situate sotto ciascuna trave danno al ponte una solidità eguale in tutta la sua larghezza. Il tavolato di questo ponte è formato da travi posate a traverso, ricoperte da panconi inchiodati sulle travi trasversali. La figura 2 è la sezione ortogonale di questo ponte col profilo delle pigne anteriori e posteriori.

Questa combinazione semplice e regolare ha tutta la necessaria solidità per le arcate di 30 in 36 piedi di larghezza, ed è stata imitata con successo per molti ponti moderni le cui arcate sono di tale grandezza.

La parte superiore del ponte di Bassano forma una galleria coperta, sostenuta da colonne, come vedesi rappresentato dalle figure 1 e 2 (1).

La figura 4 rappresenta un ponte di una sola arcata eseguito da un carpentiere chiamato Martino da Bergamo, sul torrente Cismone, al piede delle Alpi fra Bassano e Trento. Esso è diviso nella sua larghezza, che è quasi 17 tese o piedi 102, in sei campi eguali da sei travi D, figura 5, grosse 12 pollici, disposte trasversalmente; questi pezzi, che sembrano sospesi nell'aria, portano le travi longitudinali per formare coi panconi inchiodati superiormente il tavolato del ponte. Questa combinazione, che sembra di maravigliosa arditazza, è nondimeno solidamente trattenuta dalle armature esteriori formanti i lati del ponte.

Tali armature sono composte ciascuna di tre grandi pezzi di legno, due de' quali B, B, inclinati in senso contrario, sostengono quello di mezzo A, figura 4. L'interno è fortificato da tre piccioli cavalletti che hanno per chiave le due travi esteriori del ponte. Questi cavalletti, come anche la grande armatura, sostengono de'monachi C, ai quali si sono

(1) Le figure 1, 2, 3 della Tavola CI rappresentano l'alzato laterale, la pianta e la sezione di un ponte coperto, ad imitazione di quello di Palladio. Esso doveva essere eretto a Parigi sulla Senna nel sito del ponte delle Arti; la sua lunghezza è divisa in tre arcate, ciascuna di 10 tese elevate su pile di pietra; la sua larghezza, che è di 26 piedi come quelle del ponte di Bassano, è sostenuta da cinque armature, due delle quali che sono doppie formano i lati esteriori, a cagione del peso del tetto e delle arcate che sostengono. L'armatura di questo ponte, chiestami da una Compagnia, è combinata con solidità sufficiente al passaggio delle vetture. I contraffissi che si prolungano superiormente, accrescono di molto le forze di tale sistema d'armatura.

sospese le travi che dividono la lunghezza del ponte in sei campi, col mezzo di tiranti di ferro fermati solidamente alle estremità di tali travi.

È utile osservare che queste armature sono capaci di sostenere un peso considerevole senza piegare, tanto in forza della loro altezza, che è 15 piedi circa, quanto per la disposizione de' pezzi solidamente commessi gli uni cogli altri, e formanti ovunque triangoli che non sono soggetti a cambiar forma.

Le figure 6 e 7 presentano un'altra combinazione dello stesso sistema di armature applicato dal nostro autore ad un ponte dello stesso genere. Esso è sostenuto, come il precedente, dalle armature di legname formanti i due cavalletti. La sua lunghezza è divisa in otto campi dalle travi trasversali D, D, sospese alle loro estremità con staffe di ferro ai monachi C, C, uniti superiormente a pezzi di legno orizzontali paralleli alla trave inferiore. Il monaco di mezzo è puntellato da due contraffissi E, E, e gli altri da un solo contraffisso parallelo a quello che contropinge il monaco di mezzo, dalla stessa parte.

Questa combinazione non forma un'armatura solida come la precedente. La parte di mezzo è assai troppo lunga per i contraffissi delle estremità: probabilmente per ovviare a questo inconveniente, egli propone di raddoppiare le travi inferiori, in guisa che i primi campi F contengano quattro larghezze, i secondi G, tre larghezze, e i terzi H due, mentre i due campi di mezzo I non hanno che una larghezza; eppure sarebbero i più bisognosi di essere fortificati. In tutti i casi, questo rinforzo sarebbe assai meglio applicato secondo l'altezza che secondo la larghezza, come abbiamo già indicato nella parte marcata B.

La figura 8 offre un altro disegno di Palladio; le armature formano superiormente una parte di poligono, a cinque lati, con quattro monachi puntellati da doppi contraffissi a croce di S. Andrea; i pezzi B formanti i lati estremi dei poligoni sono raddoppiati; e inoltre i primi campi sono sostenuti al di sotto da contraffissi. Le travi trasversali sono sospese ai monachi con staffe di ferro come quelle degli esempi precedenti.

Lo stesso architetto propone anche un'altra combinazione di legname adattata alla costruzione dei ponti, indicata nella figura 9. In questo luogo le armature dei parapetti formano una specie di volta composta di peducci di legno divisi dai monachi, riuniti da doppi contraffissi a croce di Sant'Andrea contro le travi superiori ed inferiori formanti gli appoggi. Le travi che sostengono il tavolato del ponte sono

sospese ai monaehi da staffe di ferro o tiranti come nei preecedenti esempi. Queste travi a pari larghezza fra le rive possono essere meno grosse come pure i travicelli, essendo la lunghezza del ponte divisa in undici campi. Il parapetto che ha per altezza la lunghezza d' uno di questi campi è pure meno elevato.

Fa d' uopo rimarcare che nella figura 4 l' altezza del parapetto è circa il $\frac{1}{7}$ della lunghezza del ponte fra le spalle; che nella figura 6 essa è il $\frac{1}{10}$; nella figura 8 il $\frac{1}{9}$ e nella figura 9 meno di $\frac{1}{12}$.

La disposizione rappresentata dalla figura 8 è quella che mi sembra la più solida e meglio combinata; quella della figura 6 è la meno solida. In quanto alla figura 9 essa ha più solidità apparente che reale, perchè presenta una combinazione più suscettibile di variare nelle compressioni in causa della compressione, dell'elasticità e del disseccamento ai quali sono soggetti i legnami. Inoltre i pesi mobili tendono, nel salire e nel discendere, a comprimer alternativamente la parte in cui si trovano ed a far rialzare l' opposta. Questo movimento distrugge col tempo la fermezza dei sistemi. La combinazione della figura 8 riunisce al vantaggio che si può trarre da un arco di cerchio quello di un tavolato in linea retta. Riunendo le travi del parapetto colla chiave, l'insieme forma un poligono che è ritenuto dalla sua corda in modo da non poter cambiare forma, e da conservare maggior fermezza in tutte le sue parti.

È quasi inutile osservare che le quattro combinazioni di cui abbiamo parlato, non possono convenire che ai ponti di 12 in 15 piedi di larghezza. I più larghi esigerebbero travi intermedie per sostenere la portata delle travi trasversali.

Ponte sulla Kandèl in Svizzera.

Questo ponte di un arco solo, Tavola CII, costruito in legno di abete nei contorni di Berna nel 1764 da un capo carpentiere chiamato Ritter, ha 26 tese di lunghezza fra le due spalle sopra 2 tese e $\frac{1}{2}$ di larghezza. Esso è stabilito fra due argini assai elevati sopra il fiume, il che ha procurato il vantaggio di poterlo fortificare al di sotto coi grandi contraffissi C, figura 1, che vanno fino al mezzo del ponte ove si riuniscono ad un pezzo che raddoppia questa parte; e con altri D, che si prolungano sin sotto le travi che portano il tetto della galleria. Questi contraffissi sono trattieneuti da doppij ascialloni pendenti che giungono

fino alla trave del tetto, e da croci di Sant'Andrea che riuniscono quelli di una parte con quelli dell'altra. Posano essi inferiormente sopra appoggi fatti sulle faccie delle spalle.

Il tavolato è inclinato da ciascuna parte fino alle due travate di mezzo, ov'è 3 piedi e $\frac{1}{4}$ più alto che alle estremità. Le armature formanti i fianchi ed il tetto seguono la stessa direzione; ed anche questa disposizione contribuisce ad aumentare la resistenza di esse e la solidità del ponte.

Le altre parti della costruzione sono bastantemente spiegate dalle figure 2 e 3, e dai dettagli che le accompagnano.

È quasi inutile osservar qui che in tal sito la natura delle località presentava per la costruzione di un ponte d'un arco solo delle facilitazioni di cui l'autore ha saputo trar profitto con molta abilità. D'altronde sembra probabile che l'economia sola abbia determinato in questo caso la larghezza del passaggio; perocchè non vi sarebbe stato cosa più facile dell' aumentarlo con qualche modificazione nel disporre i contraffissi.

Dagli esempi da noi citati risulta che v'hanno due mezzi principali di fortificare il tavolato di un ponte; l'uno situando le armature superiormente, e l'altro disponendole al di sotto.

Nel primo caso, siccome le armature non possono essere situate che ai fianchi del ponte, per lasciar libero il cammino nel mezzo, la sua larghezza si trova naturalmente limitatissima.

Nell'altro caso, siccome puossi senza alcun inconveniente moltiplicare il numero delle armature, i ponti possono avere ad un tempo la forza e la larghezza desiderate.

La disposizione de' luoghi, unita ad un concorso di circostanze straordinarie, hanno talvolta costretto all'uso di tutti e due i mezzi riuniti, come si è praticato con tanto successo dai fratelli Giovanni Ulrico e Giovanni Gruhenmann, carpentieri di Teuffen nel Cantone di Appenzel per stabilire il ponte di Wettingen di cui segue la descrizione.

Ponte di Wettingen.

Questo ponte ancor più straordinario di quello di Sciaffusa, dice Cristiano di Mechel (1) (autore della descrizione che or or daremo), per

(1) Vedi l'opera intitolata: *Plans, sections et élévés des tre ponts de Ligne più rimarchevoli nella Svizzera*, con relative descrizioni dettagliate; pubblicati dietro i disegni originali da Cristiano di Mechel, incisore. Basilea 1803.

l'ardita e solida sua costruzione, era però men celebre o per essere meno conosciuto o perchè il primo avesse, per così dire, assorta l'ammirazione. Esso aveva 366 piedi di lunghezza senz'altro sostegno che le spalle su cui poggiava (1).

Noi siamo di parere coll'autore che la distruzione di questi ponti sarebbe una perdita irreparabile pel ben pubblico in generale e per l'arte del carpentiere specialmente, se non si fossero accuratamente conservate le piante ed i dettagli, la cognizione de' quali non è mai bastantemente diffusa (2).

« La figura 1, Tavola CIII, rappresenta l'alzata del ponte nella sua lunghezza. La parte A offre l'esteriore del tetto colla sua copertura; la parte B l'interno di esso, o l'armatura che porta il coperto. — La figura 2 è l'alzata del ponte nella sua larghezza o l'insieme della prima armatura C. — La figura 3 è la sezione del ponte nella sua larghezza alla quinta armatura D. — La figura 4 rappresenta nella sua metà E la parte superiore dell'undicesima armatura E, e nella sua metà F la parte superiore della settima armatura F. — La figura 5 fa vedere la commessura della mezza armatura G, la quale serve di chiave alla specie di centinatura che forma l'armatura del ponte. — La figura 6 rappresenta la pianta o la commessione dell'armatura del primo tavolato a pian-terreno. — La figura 7 offre parte della pianta dell'armatura del secondo tavolato o tavolato superiore nella metà della sua larghezza, col dettaglio dei diversi pezzi che sostengono il tetto. — La figura 8 è la metà in larghezza dell'armatura che porta la parte orizzontale del tetto compreso fra la chiave G e l'armatura D. — La figura 9 in fine presenta la sommità del tetto e la maniera con cui è messo insieme e sostenuto.

« Vedesi dalla figura 1 che questo ponte ha ventiquattro armature a

(1) Si è veduto a Parigi nel 1772 il modello di un ponte di legno combinato collo stesso sistema di quelli di Sciaffusa e di Wettingen progettato pel fiume Dery, e le dimensioni del quale dovevano essere ancor più grandi. Questo ponte composto di due archi era formato da tre ranghi d'armatura e doveva avere 600 piedi di lunghezza sopra 45 di larghezza. Il modello era stato eseguito con rara perfezione per conto di Loed Hervey da Clara capo carpentiere. Questo progetto è stato inciso da Le Souge nel 1773.

(2) Questo ponte fu sciaguratamente distrutto con quello di Sciaffusa nella guerra del 1799. Esso era situato sulla Linmat presso l'abbazia di Wettingen, e metteva capo alla strada da Bale a Zurigo. Era stato costruito negli anni 1777 e 1778 da Giovanni Ulrico e Giovanni Grubenmann di Teuffen nel Cantone di Appenzell, semplici carpentieri di villaggio.

» situate a quindici piedi di distanza l'una dall'altra. I travi *a* di
 » tali armature sono composti di due coscie di quercia *a a*, figure 2,
 » 3 e 4, accoppiate insieme e che abbracciano e contengono la trave
 » laterale inferiore *H*, la trave superiore *I*, i grandi puntoni *K*, ed i
 » contraffissi *b, c, d, e*. Le chiavi inferiori *f*, figure 2 e 3, sono commesse
 » con due maschi e due femmine nei travi *a*, e vi sono attaccate coi ferri
 » a vite *g* che hanno un dado ad una delle estremità, mentre all'altra sono
 » appianati e inchiodati sopra la chiave. I travi *a* sono similmente com-
 » messi e legati colla chiave superiore *h* e col tirante *i*.

» La prima armatura *C*, figure 1 e 2, poggia sopra un forte so-
 » miere di quercia *L* con cui è commessa, e che è situato sulle spalle
 » *M* del ponte. Queste spalle debbono essere fortissime, e costrutte so-
 » lidissimamente in muratura, perocchè sostengono tutto il peso e la
 » spinta del legname in modo che se avessero a cedere, il loro spo-
 » stamento trascinerebbe la caduta e la distruzione di tutto il ponte.

» Le grandi travi *II* ed *I*, figure 1 e 3, e i grandi puntoni *K* sono
 » formati nel modo stesso delle grosse travi laterali del ponte di Sciaf-
 » fusa, cioè di molti pezzi innestati alla loro estremità e commessi a
 » denti nella loro lunghezza, serrati uno contro l'altro da cunei, e le-
 » gati insieme con ferri a vite e dadi *k*; queste travi sono inoltre ob-
 » bligate dai travi *a* ai quali sono attaccate dai dadi *k*.

» La trave inferiore *H* è sostenuta dai contraffissi *b* e *c*, figure 1,
 » 2 e 3. Il contraffisso *b* è composto di molti pezzi innestati e commessi
 » a denti e collegati da ferri a vite e dadi *k*; la commessura di questo
 » contraffisso gli dà tanta forza da non cedere e da obbligare la trave
 » ch'esso sostiene a conservare il suo livello; in fatti essendo questa
 » trave solidamente fermata in *m* ed abbracciata dai travi *a* e dalla
 » chiave *f*, il contraffisso *b* in vece di cedere ad un eccesso di pres-
 » sione, la costringerebbe piuttosto ad elevarsi che ad abbassarsi; ma
 » ciò non può aver luogo essendo la trave trattenuta dai travi delle
 » armature nelle quali passa. I contraffissi *b* e *c* sono pure solidissima-
 » mente contenuti dai travi che incontrano e dai quali sono abbracciati,
 » in guisa che non possono nè cedere nè piegare.

» Siccome dalla trave superiore *I* dipende tutta la solidità del
 » ponte, si è dato ad essa assai più forza che alla trave inferiore *II*,
 » figure 1 e 3; si è inoltre sostenuta dai contraffissi *d* ed *e*, che pas-
 » sano nei travi delle armature che incontrano ove sono fissati da ferri

„ a vite e dadi *k*; e per aumentare la forza dei contraffissi *d*, si sono
 „ formati di più pezzi innestati e commessi come quelli del contraffisso *b*.
 „ Si ebbe cura anche di commettere le estremità dei contraffissi ad
 „ agnatura coi pezzi ove terminano, o farle posare sopra forti biette *n*,
 „ le quali debbono essere commesse a denti coi pezzi a cui sono unite,
 „ e serrate da viti di ferro e dadi *k*.

„ Sopra la trave superiore I, figura 1, sono due forti puntoni K,
 „ che poggiano le estremità inferiori su questa trave in N ove sono
 „ fermati da robuste biette *n*; le estremità superiori sono commesse
 „ colla mezza armatura G che ad essi serve di chiave; inoltre sono
 „ essi sostenuti da puntelli o e dai contraffissi *p* che terminano alla
 „ chiave *q* ed alla sua simile *r*. Questi puntoni K sono anche solida-
 „ mente legati alla trave I con forti caviglie di ferro *s* e dadi *k*.

„ È evidente che la trave I non può incurvarsi essendo conside-
 „ revolmente fortificata tanto dai puntoni K ch'essa sostiene e coi quali
 „ è fortemente legata dalle barre di ferro *s*, quanto dai contraffissi *d* ed *e*
 „ che la sostengono e le impediscono di piegare o di cedere, e che si
 „ appoggiano alla trave H, la quale è del pari fortemente sostenuta
 „ dai contraffissi *b* e *c*. Così tutta l'armatura di questo ponte equivale
 „ ad un arco di cerchio che avesse le origini appoggiate sulle spalle M,
 „ e il cui mezzo non potrebbe che aumentar di forza e di solidità in
 „ proporzione del peso che avrebbe a sostenere.

„ La trave inferiore H essendo solidamente commessa e sostenuta
 „ dai contraffissi *b* e *c*, e legata colla grossa trave superiore I col mezzo
 „ dei travi *a* delle armature, non può curvarsi senza far piegare la
 „ trave I, il che è impossibile, perchè è impedita dalla forza dei pun-
 „ toni K, coi quali è legata e commessa. Così questa trave H è capace
 „ di portare i più gravi pesi senza che la solidità del ponte ne possa
 „ essere alterata.

„ La figura 2, che offre la commessura della prima armatura C,
 „ fa vedere che le coscie formanti i travi *a* sono legate dai ferri a vite
 „ e dadi *k*, e che queste travi sono rafferimate col tirante *i* e colle
 „ chivvi *f* ed *h*, con chiodi di ferro *g* che hanno un dado ad una delle
 „ loro estremità, e che sono appianati e inchiodati all'altra sulle chivvi
 „ *f* ed *h*. La lettera *t* indica il luogo ove i contraffissi *b* e *c* s'appog-
 „ giano contro i travi *a*. L rappresenta il forte somiere di quercia su
 „ cui poggia tutta l'armatura del ponte.

„ La figura 3 fa vedere in qual modo i travi *a*, il tirante *i* e le
 „ chiavi *f* ed *h* sono commesse e legate insieme; vi si vede la maniera
 „ onde i travi *a* abbracciano e ritengono le grandi travi *H* ed *I*, i con-
 „ traflissi *b*, *d*, *e*, e come questi pezzi sono legati insieme da cavicchie
 „ di ferro coi loro dadi *k*; vedesi inoltre che nel mezzo dei tiranti *i*
 „ che sovrastano alle chiavi superiori *h* trovasi un monaco *l* formato
 „ da due coscie legate da cavicchie di ferro a dadi *k*; che fra queste
 „ coscie o in questi travi *l* passano la trave *P*, l'asinello *Q* ed i con-
 „ traflissi *v* e *w* che lo sostengono, e che tali contraflissi sono mante-
 „ nuti verticalmente dai piccioli contraflissi *u*.

„ La figura 4 offre nella sua metà *E* la commessione dell'armatura
 „ del tetto corrispondente all'undicesima armatura *E*; vi si vede in
 „ qual modo i contraflissi *p* e il puntone *K* passano a traverso dei travi *a*
 „ delle armature, e vi sono attaccati da chiodi di ferro a dadi *k*.
 „ L'altra metà *F* di questa figura 4, rappresenta il profilo della parte
 „ della commessione dell'armatura corrispondente alla settima armatura *F*,
 „ ed indica il modo onde il puntone *K*, il contraflisso *p*, la trave *I*
 „ e la bietta *n* sono commesse coi travi delle armature e vi sono fis-
 „ sati e serrati dalle cavicchie di ferro a dadi *k*.

„ La figura 5 rappresenta la mezza armatura *G* che serve di chiave
 „ ai puntoni *K*; vi si vede come questi puntoni, le chiavi *g* ed *x* e la
 „ gran trave *I* si commettono nelle coscie *y*, e come vi sono fissati e
 „ trattenuti dai ferri a dadi *k*. La lettera *Q* indica il fastigio e *P* la
 „ trave su cui sono commessi i pezzi che lo sostengono. Vedesi inoltre
 „ che per impedire lo spostamento dei travi formanti queste coscie *y*,
 „ sono essi trattenuti da un tirante *z* e da legami *ss* posati a rombo,
 „ che vi sono commessi a coda di rondine.

„ Dalle figure 2, 3 e 4 vedonsi i profili formati dal tetto nei punti
 „ corrispondenti alla prima, alla quinta, alla settima ed all'undecima
 „ armatura, ed il fastigio del tetto che trovasi nel suo mezzo a livello
 „ colla chiave *G*.

„ La figura 6 fa vedere la commessione dell'armatura del tavolato
 „ interno al piano terreno. Questa commessura è composta di travicelli
 „ posti a rombo e le cui estremità sono commesse eolle travi *H*; po-
 „ sano essi sulle chiavi *f* delle armature e sui travicelli *ζ* situati fra
 „ ciascuna armatura; questi travicelli sono sostenuti e legati alla trave *H*
 „ con istaffe di ferro a dadi *θ* figura 1. La lettera *φ* indica i punti

ove i contraffissi *d* ed *e* sono commessi sulla parte superiore della trave *H*, e σ indica quelli ove terminano i contraffissi *b* e *c* sotto la stessa trave.

La figura 7, che rappresenta parte dell'armatura del tavolato superiore nella metà della sua larghezza, fa vedere che la commessione di quest'armatura è pure composta di travetti ξ posati a rombi, e le cui estremità sono unite a coda di rondine alla trave *I*. La lettera *i* indica i tiranti, *P* la trave ed λ il corrente angolare.

La figura 8, rappresenta la parte dell'armatura superiore del tetto, compresa fra la mezza armatura *G* e l'armatura *D*, cioè l'armatura che sostiene la parte orizzontale del coperto; perocchè vedesi dalle figure 1 e 5, che il tetto è orizzontale sopra la mezza armatura *G*, e che la schiena d'asino non comincia ad essere sensibile che in mezzo al tirante dell'armatura seguente, e che va aumentando da *G* in *D*, intanto che la parte orizzontale va diminuendo, come vedesi pure dai profili del tetto delle armature *E* ed *F*, figura 4. Così in questa figura 8 i pezzi corrispondenti alle armature sono la metà dei tiranti di queste stesse armature, e quelli che si trovano fra tali tiranti e si accorciano da *G* in *D*, sono travi posati orizzontalmente, i quali corrispondono ai puntoni inclinati formanti la schiena d'asino.

La figura 9 rappresenta la commessione dell'armatura che forma il mezzo del tetto per tutta la sua lunghezza, cioè la parte che sostiene il fastigio. Vedesi che tal fastigio *Q*, i contraffissi ν e la trave *P* sono composti di più pezzi innestati e commessi a denti e legati insieme da ferri a dadi *k*. Il fastigio *Q*, la trave *P* ed i contraffissi ν e *w*, passano a traverso dei monachi λ , figura 3, ove sono fissati e collegati da caviglie di ferro a dadi; è lo stesso della suola *n* del fastigio *Q*. Vedesi inoltre che il fastigio *Q* ed i contraffissi ν e *w* che lo sostengono formano anch'essi una specie d'arco di cerchio che rinforza considerabilmente il tetto e solleva l'armatura inferiore che lo sostiene. I contraffissi ν trattenuti e fermati alle estremità inferiori da una forte bietta *n* sono commessi ad ugnatura superiormente nella suola *n*; i contraffissi *w* sono commessi ad ugnatura colla trave *P*, e vi sono inoltre fermati o fissati da caviglie a dadi *k*, e le loro estremità superiori sono fermate e fissate dalle biette *n* attaccate al fastigio *Q* da caviglie di ferro serrate dai dadi *k*.

È facile concepire che tutto l'artificio della costruzione di questo

« ponte consiste in questo, che più le travi che portano il tavolato a pian terreno erano caricate, più l'armatura che le sosteneva, si rin-

« serrava e dava ad esse maggior forza per resistere ai più enormi pesi.
 « La sola cosa però che poteva ragionevolmente essere soggetta alla critica è la quantità considerevole di ferramento che vi era impiegata; perocchè il ferro, esposto alle impressioni dell'aria e dell'acqua, si decompone, si copre di ruggine, diviene fragile e perde insensibilmente la sua forza e la sua solidità: ora le ferramenta di questo ponte erano del tutto esposte all'aria ed all'umidità delle nebbie inseparabili dalle acque correnti, e specialmente da quelle dei torrenti. Così sarebbe stato desiderabile che i due abili carpentieri che avevano costruito tal ponte avessero contato meno sulla forza del ferro, e che vi avessero supplito con ripieghi che il loro genio inventore avrebbe ad essi immancabilmente fatto trovare. »

A questa osservazione aggiungeremo soltanto che la riunione di tutti questi mezzi, agenti naturalmente con tutta la potenza di cui erano suscettibili; non poteva mancare dal formar dapprima un insieme solidissimo; ma era da temersi che dopo un certo tempo la resistenza della materia non avesse ceduto in più punti ad un tempo, sotto gli sforzi replicati delle vibrazioni che dovevano produrre i carichi nel passaggio, e del barcollamento universale che ne era la inevitabile conseguenza.

Del resto, comunque sia dei dubbi che qui manifestiamo sulla durata di un'opera simile, il merito di aver contribuito con quest'ardito tentativo ad estendere i limiti oltre i quali le armature di tal genere sembravano non essere praticabili, deve rimanere tutto ai fratelli Grubemann ed assicurare alla loro memoria un posto distinto fra i più abili costruttori.

Ponte d'Eglisau (1) nella Svizzera.

L'impiego delle travi composte di pezzi sovrapposti e curvati a volta inchiodati e rafforzati da asciaioni e chiavi sembra posteriore alla costruzione del ponte di Wettingen, e si può credere, dopo quello che pocca costruì uno dei fratelli Grubemann nello stesso luogo e con

(1) Piccola città e Castello del Cantone di Zurigo, sulla destra del Reno a quattro leghe S. O. da Scioffusa.

questo nuovo sistema, eh' egli fosse il primo a metterlo in uso (1). Ma fosse diffidenza per un processo non ancora provato, fosse per un dato particolare circa la solidità, si vide passare da un estremo all'altro: così sebbene si riconoscesse la superiorità di questo sistema su quello che l'aveva preceduto, che l'impiegò dappoi, gli fece subire importanti modificazioni.

Una delle recenti opere più rimarchevoli in questo genere, sembra essere il ponte d'Eglisaw nella Svizzera, eseguito nel 1825 da Stadler, capo carpentiere di Zurigo, del quale diamo nella Tavola CIV la pianta, la sezione ed il profilo.

Abbiamo già fatto conoscere parlando delle travi armate l'aumento della forza che procura ai legni la forma curva, mantenuta da convenienti armature, per resistere orizzontalmente sotto lo sforzo del peso. La conoscenza di questa proprietà doveva naturalmente condurre a pensare che combinando insieme più pezzi curvi si potrebbe con questo mezzo rimpiazzare con vantaggio l'effetto de' puntoni per comporre armature di una grande estensione (2).

Poche esperienze bastarono per assicurarsi dell'eccellenza di questo

(1) Vedi *Recueil de Charpente* de M. Krafli N.^o 28, troisième partie.

(2) Forse è questo il momento di ricordare che Claudio Perrault celebre per tanti titoli nelle scienze e nelle arti, ha dato il progetto di un ponte di legno di una sola arcata di 30 tese d'apertura ch'ei proponeva di costruire innanzi a Sévres. Tutti i ragionamenti ne quali potrei appoggiare per motivar lo stabilimento di un'opera tale sono dedotti con osservabile semplicità nella memoria con cui accompagnò il modello che fu presentato a M. Colbert. (Vedi l'opera intitolata: *Recueil de plusieurs Machines de nouvelle invention*, opera postuma di Perrault, dell'Accademia reale delle scienze, pubblicata da suo fratello. Parigi 1700 Tipografia di G. B. Coignard. Un volume in 4.^o con figure). Gli squarci seguenti basteranno per far conoscere l'alta intelligenza di questo saggio in tali materie.

« La curva dell'arco, egli dice, è una porzione di cerchio che è la figura più ferma e solida; le commisure tendono al centro come le pietre di taglio; così hanno la stessa forza delle pietre senza averne il peso.

« Tutti i legami formanti l'arco sono messi filo contro filo, perchè il legno non si accorcia per nulla o pochissimo in questo senso, ed è più forte che nell'altro; si metterà una lamina di piombo frammessa per impedire ai legni lo scaldarsi e l'esser bagnati per le giunture, ed anche per legarli mentre le fibre del legno entreranno da una parte e dall'altra in questa tavola di piombo.

« I vantaggi di questo ponte consistono in ciò che non impedirà la navigazione, non vi si farà nessun naufragio, non sarà danneggiato dai ghiacci e dalle grosse acque, e che potrà stabilirsi senza che il passo sia impedito. Sarà meno soggetto a marcire non fermandosi l'acqua di sopra e « cagione delle pendenze che ha ai due lati: le quali non trovai punto nei ponti comuni di legno ».

Del resto sebbene suscettibile d'importanti modificazioni, specialmente per renderlo atto al passaggio delle vetture secondo l'intenzione dell'autore, questo ponte com'è concepito ci pare perfettamente eseguibile.

processo, e ne risultarono nove combinazioni per l'armatura dei ponti e de' tetti de' grandi edifici. In quest'ultimo caso non dovendo sostenere le armature se non che il peso di un carico immobile, non si aveva a temere l'effetto dell'elasticità di queste centinaie sotto lo sforzo di un peso passeggero e i mezzi ordinarii potevano bastare per dominar l'azione che ne fa la forza. Ma nelle arcate dei ponti sembrava difficile poter resistere al movimento che doveva imprimere al sistema l'elasticità di tali curve, messa in gioco da un carico mobile. Del resto questo movimento dovette essere quasi insensibile nel secondo ponte di Wettingen, avuto riguardo alla sovrabbondanza dei mezzi che l'autore avea messo in opera; così vedesi che quest'effetto vi è appena preveduto.

Nell'esempio che qui diamo, il quale presenta tutta la solidità desiderabile, l'autore ha dato una gran prova di giudizio commettendo per una certa lunghezza l'estradosso dei grandi archi alla loro sommità, col di sotto delle travi con addentellati C, indipendentemente dagli altri mezzi necessari per mantenerli nella loro estensione. Da ciò risulta che l'effetto dell'elasticità trova un ostacolo potente che gl'impedisce di agire sulla totalità della curvatura. Per distruggere poi l'elasticità di cui ciascuna delle metà poteva ancora esser capace, ei le ha fortificate con tre curvature D, D, D commesse nelle travi come il di sopra degli archi, in guisa da aumentare ancora l'effetto di questa ingegnosa disposizione. Tutto in questa savia composizione è combinato in modo da profittar della forza delle forme arcuate, evitando gl'inconvenienti che possono risultare dall'impiegarle in questa specie di opere.

Questo ponte ha pure il vantaggio su quelli dello stesso genere, de' quali si è parlato precedentemente, di offrire due gallerie laterali pel passaggio dei pedoni, disposizione che rimedia completamente al difetto di larghezza, che risulta, come si è detto più indietro, dall'impiego delle armature superiori. Esso è composto di due arcate di 25 tese d'apertura.

Relativamente agli altri dettagli di costruzione, comuni a tutti gli esempi precedenti, crediamo poter prescindere dal darne alcuna spiegazione particolare, bastando all'intelligenza di essi la sola ispezione delle figure.

Applicazione delle regole sulla forza dei legni, alle diverse combinazioni di cui si può far uso pei ponti di legname.

Abbiamo detto al principio di quest'articolo che si potevano considerare i ponti come tavolati i cui travi sono sostenuti da grosse travi che poggiano su piloni di legname o di muratura.

Abbiamo indicato poc' anzi diverse maniere di fortificare le travi pei tavolati ordinarij che debbono esser liberi superiormente e al di sotto, ma questo mezzo sarebbe insufficiente pei ponti a cagione del peso e della grande estensione dei pezzi che fanno le veci di travi.

Nei ponti come negli edificj la forza dei tavolati aumenta o diminuisce in ragione del ravvicinamento o dell'allontanamento delle travi o delle armature che ne fanno le veci. Abbiamo testè fissata la grossezza verticale delle travi pei tavolati degli edificj alla diciottesima parte della distanza fra gli appoggi; ma siccome il carico dei tavolati dei ponti è assai più grande di quello dei tavolati degli edificj, e di più questo carico è mobile, i pezzi orizzontali che tengon luogo di travi esigono maggior grossezza, che può essere fissata alla decima parte della lunghezza presa fra gli appoggi.

La mobilità del carico nei ponti fa ch'esso trovisi successivamente su tutti i punti della lunghezza di essi, i quali punti devono opporre dovunque una stessa resistenza. Può anche avvenire che un seguito continuo d'uomini, di cavalli o di vetture li carichi in uno stesso tempo in tutti i punti della loro lunghezza. Ed è questo caso estremo che bisogna prevedere se si vogliono evitare gli accidenti che sono avvenuti a molti ponti per un carico straordinario.

Per farsi un'idea del carico che può produrre una calca, fa duopo sapere che si possono trovare ventiquattro persone riunite sopra una tesa superficiale, le quali al peso medio di 125 libbre produrrebbero un carico di 3000.

La stessa superficie non può contenere che due uomini a cavallo, i quali valutati in ragione di 750 libbre, ne produrrebbero 1500 per una tesa, cioè la metà del peso che produrrebbe una folla di gente a piede.

È difficile valutare il peso di una vettura dedotto dal numero dei cavalli che la traggono, perchè dipende dalla forza di essi, che varia

assai, e dalla volontà del padrone che li carica più o meno. Nondimeno non si può errar molto calcolando 1500. libbre ogni cavallo il peso ed il carico di una vettura, il che dà per un carro trascinato da quattro cavalli un peso di sei migliaia di libbre. È vero che una tal vettura occupa una superficie di circa 7 tese; ma fa duopo osservare che il carico di essa, indipendentemente dai cavalli, cade sui due punti ove poggiano le ruote, che possono trovarsi in mezzo alla lunghezza di un pezzo, il che raddoppia per questo punto il carico che potrebbe produrre una folla, benchè in totalità il ponte riesca assai meno carico di quello che sarebbe sosteneudo una grande riunione d'uomini o di cavalli.

Si dimostra in meccanica che lo sforzo di un peso situato in mezzo ad una barra messa orizzontalmente su due appoggi è eguale a quello di più pesi distribuiti nella sua lunghezza, la somma de' quali fosse doppia. Da questa proprietà risulta un mezzo facile di trovare il carico e la resistenza di tutti i punti dei pezzi di leguo orizzontali che sostengono le travi de' tavolati de' ponti.

Osservazioni preliminari.

Quando una trave come AB, figura 2, Tavola XCIX, non ha forza sufficiente per sostenersi senza piegare, vi si può metter sotto un puntello verticale DE, che dimezza la sua portata; ma se questo ripiego, non è praticabile vi si può supplire con pezzi inclinati in senso contrario DF, DC, che si riuniscono nel mezzo D, figura 3.

Se gl'intervalli fra il mezzo ed i punti d'appoggio sono ancor troppo grandi, è facile sostenerli nel mezzo coll'ajuto d'altri pezzi inclinati GH, IK, figura 4.

Supponendo i pezzi di legno inelinati, forti abbastanza per sostenere la trave AB, figura 4, nei punti G, D ed I, coi pesi di cui possono essere aggravati, bisogna pure che le parti AG, GD, DI, ed IB, possano sostenere questi stessi pesi nel loro mezzo L, M, N, O. Se queste parti hanno ciascuna 12 piedi di lunghezza, ed i pesi P, P, P, P, sono ciascuno di 8 migliaia di libbre, troverassi operando come abbiamo indicato nel Libro I, o col mezzo delle tavole che si trovano dopo tali indicazioni, che basterebbe dare a queste parti uno spessore verticale di 13 pollici, sopra una larghezza di 10.

In quanto ai contraffissi o pezzi di legno inclinati, è evidente che essi debbono portare gli stessi pesi che i punti di mezzo L, M, N, O: perocchè il punto G deve sostenere la metà di L, più la metà di N. Il punto I deve portare l'altra metà di N, più la metà di O. È anche facile concepire che la forza dei contraffissi GH, FD, deve diminuire in ragione della loro lunghezza e della loro inclinazione; e che questi pezzi essendo egualmente inclinati, la loro forza sarà in ragione inversa della loro lunghezza; cioè che DF, la cui lunghezza è doppia di HG, non deve avere che la metà della sua forza, in guisa che i due contraffissi DF, DC non sosterranno con maggior forza il mezzo D di quello che i piccioli contraffissi HG, IK sosterranno i punti G ed I. I pesi da sostenere nei punti G, D, I, essendo supposti di 8 migliaia di libbre, si troverà dietro le regole spiegate nel Libro I.^a che un pezzo di legno di 6 pollici di grossezza in quadratura, basterebbe per sostenere questo sforzo. Ma convien qui richiamare ciò che si è detto parlando delle centinature di legname, *che la grossezza dei pezzi di legno non deve mai essere minore della ventiquattresima parte della loro lunghezza*, perocchè la loro forza non deve soltanto essere in relazione col peso particolare che debbono sostenere, ma inoltre coll'insieme generale, per procurargli una sufficiente stabilità e resistere alla massa degli sforzi messi in moto, ed ovviare alle imperfezioni che si possono trovare nella mano d'opera e nelle materie. La lunghezza dei contraffissi HG, IK, essendo di piedi 17, la loro minore grossezza dev'essere 8 pollici e mezzo. In quanto ai grandi contraffissi FD, DC, è utile, per impedire che pieghino, di legarli nel loro mezzo con un asciallone verticale od orizzontale PH ed IP.

Si può diminuir la lunghezza e l'inclinazione dei contraffissi di mezzo facendoli terminare contro un pezzo che raddoppia il mezzo del pezzo orizzontale su cui poggiano le travi. Questo ripiego fa che si può dare a questo mezzo una portata doppia come lo rappresenta la figura 5. Palladio l'ha impiegato con successo pel suo ponte di Bassano, rappresentato dalle figure 1, 2, e 3 della Tavola CI.

Quando la distanza fra le pile è assai grande si può ancora aumentare la portata della parte di mezzo, dando ad essa tre grossezze, raddoppiando quelle delle parti seguenti, e facendo di un solo spessore quella presso le pile, come rappresenta la figura 6, Tavola XCIX, la cui disposizione ricorda quella del ponte di Kandel.

Per proporzionare la lunghezza delle travate a queste grossezze, si

dividerà lo spazio fra le pile in 9 parti eguali. Se ne darà una alle parti presso alle pile corrispondentemente ad un solo spessore. Si farà di due parti la lunghezza delle seguenti, e si daranno tre parti alla travata di mezzo che corrisponde a tre grossezze.

Così per una distanza di 90 piedi fra le pile, le travate delle estremità avranno 10 piedi, le seguenti 20, e la travata di mezzo 30.

Supponendo il ponte destinato al passaggio di grosse vetture, il maggior peso che possa aver da portare la parte di mezzo, prendendo 6 piedi per lo spazio fra ciascuna armatura, non potrebbe essere più di 20000 libbre. Questo carico equivale per ciascun armatura allo sforzo di un peso di 10000 libbre situato sul mezzo.

Regola facile per determinare la forza e la grossezza dei pezzi di legno orizzontali in ragione del carico che devono sostenere.

Da ciò che abbiamo detto precedentemente (Libro I, sezione 2.^a) risulta che l'operazione si riduce a moltiplicare la metà della forza media del legno per un pollice od una linea quadrata, pel quadrato dello spessore verticale del pezzo; ed a dividere il prodotto per la sua lunghezza: così, indicando questa forza con f per un pollice quadrato, lo spessore verticale con h , la lunghezza con l , e con p il carico che il pezzo potrebbe sostenere, si avrà per tutti i pezzi orizzontali, come sono le travi di ogni specie, la formola $\frac{fh^3}{l} = p$, d'onde si trae $h = \sqrt[3]{\frac{pl}{f}}$, che indica le operazioni da fare; cioè che per trovare lo spessore verticale da dar ad un pezzo di legno di cui sono dati la lunghezza ed il carico, fa duopo prendere la radice quadrata del prodotto del peso moltiplicato per la lunghezza del pezzo ridotto in pollici, diviso per la forza media del legno per un pollice quadrato.

Così per trovare lo spessore verticale che si dovrebbe dare alla trave od aggregato dei pezzi di legno orizzontali formanti la travata di mezzo dell'armatura del ponte precedente, la cui portata è 30 piedi, e il carico da sostenere nel suo mezzo è 10000 libbre, le operazioni indicate dalla formola $h = \sqrt[3]{\frac{pl}{f}}$ daranno $h = \sqrt[3]{\frac{10000 \times 30 \times 12}{7200}}$ che si riduce ad $h = \sqrt[3]{300}$, e finalmente ad $h = 22$ pollici e $\frac{4}{10}$.

Da questo calcolo risulta che se si potesse contare sulla perfezione

della materia, una tavola di quercia larga pollici 22 e $4/10$ sopra un pollice di spessore, posata in coltello, potrebbe fare equilibrio prima di rompersi con un peso di 10000 libbre situato nel mezzo della sua lunghezza. Ma per procurare ai pezzi di legname le convenienti solidità e fermezza, fa d'uopo, come abbiamo già detto, dare ad essi una forza decupla di quella che li fa rompere. Un mezzo semplicissimo di procurare ad essi tale solidità consiste, dopo aver calcolato la forza, come noi abbiamo fatto, per un pollice di base o di larghezza orizzontale, nel dare ad essi 10 pollici di base: così pel caso presente, considerando l'altezza di pollici 22 e $4/10$, trovata dal calcolo come dato elementare preciso ed invariabile, basterà portare a 10 la larghezza verticale del pezzo.

Per lo spessore delle travi o pezzi orizzontali di 20 piedi di portata, delle campate presso alla precedente, il cui maggior carico nel mezzo può essere 6667 libbre, la formola darà $h = \sqrt{\frac{6667 \times 20 \times 12}{7200}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{222}$, e finalmente ad $h = 15$; cioè lo spessore verticale dev' essere 15 pollici sopra 10 di larghezza di base.

La stessa formola darà per pezzi orizzontali delle travate estreme, la cui larghezza è 10 piedi e il carico nel mezzo 3334 libbre, $h = \sqrt{\frac{3334 \times 10 \times 12}{7200}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{55}$, il che dà pollici 7 e $1/2$ per ispesor verticale, sopra 10 pollici di larghezza di base.

Applicazione della stessa formola ai legni inclinati.

La forza dei pezzi di legno inclinati che sostengono la portata delle travi o pezzi orizzontali di straordinaria lunghezza, deve essere, a grossezza eguale, proporzionata alla loro lunghezza, paragonata colla linea orizzontale che ne misura l'inclinazione, in guisa che un pezzo di legno, a grossezza e lunghezza eguali, è tanto più forte quanto più si avvicina ad esser verticale, come poc' anzi abbiamo indicato; d'onde risulta che, nella formola, $h = \sqrt{\frac{p l}{f}}$, in vece di rappresentare la lunghezza del pezzo indica quella della linea orizzontale che ne misura l'inclinazione. Ciò posto, il carico dei grandi contraffissi che sostengono le estremità dei pezzi orizzontali formanti la travata del mezzo, e quelli dei pezzi che formano le travate seguenti, sarà in ciascuna eguale a 10000 + 6667 o 16667.

La linea orizzontale che misura l'inclinazione di questi contraffassi essendo di 30 piedi, la formola darà $h = \sqrt{\frac{16667 \times 30 \times 12}{7200}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{833,35}$, e finalmente ad $h = 28 \frac{9}{10}$, cioè presso a poco 29 pollici per lo spessore verticale indicato nella figura da $c b$, che dà per quello perpendicolare al pezzo, indietto da $a c$, 20 pollici e $\frac{2}{10}$, supponendo tali pezzi isolati per tutta la loro lunghezza che è 43 piedi; ma supponendoli legati alla metà della lunghezza con un asciallone, come lo indica la figura 6, l'applicazione della formola darà $h = \sqrt{\frac{16667 \times 15 \times 12}{7200}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{416,67}$, e finalmente ad $h = 20 \frac{4}{10}$ per lo spessore verticale, e pollici 14 e $\frac{2}{10}$ per lo spessore perpendicolare alla direzione di essi.

Quando si conosce lo spessore verticale, trovasi il perpendicolare alla direzione del pezzo, con una proporzione i cui due primi termini sono la lunghezza del pezzo e la linea orizzontale che ne misura l'inclinazione; il terzo termine è lo spessore verticale trovato dalla formola; così, nel caso in cui il pezzo precedente fosse isolato per tutta la sua altezza, si avrebbe $43 : 30 :: 29$ sta ad un quarto termine, che dà pollici 20 e $\frac{4}{10}$ per lo spessore perpendicolare alla direzione.

Pel pezzo diviso in due da un asciallone, la proporzione sarà $43 : 30 :: 20 \frac{4}{10}$ sta ad un quarto termine, che è pollici 14 e $\frac{2}{10}$.

OSSERVAZIONI

È essenzialissimo rimarcare che ciò che meglio contribuisce alla solidità di un'opera di legname, come di ogni altra, è la forte riunione dei pezzi di cui si compone. Puossi dire che i più solidi sono quelli le cui parti sono congiunte o fortemente riunite da superficie continue. Due ranghi di forti tavole o di pancioni che si uniscono e s'incrociano fortemente fermate sui travi possono raddoppiare la solidità di un tavolato senza aumentar di molto la spesa, permettendo di mettervi le travi meno grosse o più distanti.

L'esempio non ha guari citato dei solaj olandesi composti da tavole senza travi serve di appoggio a quest'asserzione.

In vece di armature composte di pezzi isolati che non si riuniscono che alle estremità, se ne potrebbero in certi casi formare con pezzi

congiunti, a somiglianza di quelle rappresentate dalle figure 7 e 8. Queste armature, indipendentemente dalla forza più grande; esigerebbero minor elevazione, vantaggio che può divenir prezioso in molte circostanze.

Le armature di questo genere debbono essere combinate in modo che abbiano dappertutto una stessa resistenza relativamente al massimo carico che dovranno sostenere: così per una trave di 90 piedi di portata, come quella di cui si è ora parlato, abbiamo già fatto vedere che il più gran carico di esso, supponendo ch'essa corrisponda ad una tesa di larghezza, sarà di 3000 libbre ogni tesa superficiale; la sua portata essendo 90 piedi, o tese 15 di lunghezza, questo carico sarebbe 45 mila libbre.

Per trovare lo spessore da dare a ciascun punto si è divisa la lunghezza in 12 parti eguali e si è cercato dapprima lo spessore delle due parti di mezzo IH, I h, col mezzo della formola $h = \sqrt{\frac{P}{f}}$, che darà $h = \sqrt{\frac{7500 \times 90}{7200}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{93,75}$, la cui radice dà $h = 9,710$.

Per le quattro divisioni di mezzo GHI, I h g, il cui carico è 1500 libbre, la formola darà $h = \sqrt{\frac{1500 \times 180}{2700}}$, che si riduce ad $h = \sqrt{97,5}$; e finalmente ad $h = 9,9$ e $4/10$.

Le sei divisioni del mezzo, comprese fra F, ed f, sostengono un carico di 22500, il che dà $h = \sqrt{\frac{22500 \times 270}{7200}}$, che si riduce ad $h = 29$.

Per otto divisioni $h = 38,75$

Per dieci . . . $h = 48,4$

E per dodici . . . $h = 58$.

Tutti questi pezzi avranno 10 pollici di larghezza di basa.

È facile vedere che lo spessore del mezzo essendo determinato, esso aumenta in proporzione aritmetica per gli altri; in guisa che quest'armatura può essere composta di pezzi di una stessa grossezza messi in aggetto gli uni sugli altri e fermati da ascialloni a ciascuna divisione.

Tanto questi ascialloni quanto la parte dei pezzi ove si applicano, possono essere tagliati a denti di sega, come lo indica la figura 8.

Si possono fare sparire gl'incavi e denti al di sotto, applicandovi

delle fasciature triangolari. In vece di due superficie rette formanti un angolo, vi si potrebbe sostituire una superficie curva ad arco di cerchio. Queste varianti sono indicate dalle linee punteggiate sulla figura 7.

Tali armature possono anche essere combinate, come lo indica la figura 9, con pezzi inclinati al di sotto, e pezzi orizzontali al di sopra, legati del pari con ascialloni, inavigliati e commessi a denti. Siccome in queste combinazioni, le travi possono essere di più pezzi nella loro lunghezza, tali armature non esigono legnami di dimensioni straordinarie: non occorrono che pezzi da 12 ai 18 piedi di lunghezza su 9 in 10 pollici di grossezza.

I ponti di legnami composti di più arcate sono d'ordinario sostenuti da pile di legno o palate, e talvolta da piloni di pietra.

Le palate sono composte di uno, di due, o di tre filari di pali sui quali si elevano forti pezzi ben formati e controspinti da impostature, ascialloni e travi, ma conviene, per quanto è possibile, preferir i piloni di pietra, che hanno maggiore stabilità, forza e durata.

Solamente quando la natura de' luoghi si oppone a stabilire siffatte opere, o per le servitù del fondo, o per l'impetuosità del corrente, o per qualsiasi altra difficoltà, il bisogno di stabilire delle comunicazioni può obbligare a far uso di questi mezzi straordinari, de' quali sembra che il Tirolo e qualche altro paese di montagna abbiano offerto da più secoli, diversi esempi più o meno rimarchevoli (1); perocchè indipendentemente dalla fatica cui tali costruzioni sono caposte, per l'istesso servizio al quale sono destinate, la forza dei materiali si trova già compromessa oltre le regole, dallo sforzo immenso dell'insieme del sistema su tutte le parti che lo compongono.

In generale, non s'insiste mai troppo sull'osservanza del precetto, che in nessuna combinazione relativa alle diverse parti dell'arte di fabbricare, non bisogna mai avvicinarsi troppo ai limiti conosciuti della resistenza della materia.

(1) Vedi Scamozzi, *Architettura Universale*, parte 2.^a, Libro VIII, Capo XXIII.

CAPO TERZO

DEI TETTI A SUPERFICIE PIANE

Sorro il nome di tetto s'indica la forma apparente di quelli composti di superficie piane o curve per lo scolo delle acque pluviali. I tetti di forma prismatica o piramidale sono ordinariamente composti di un sistema di legnami coperto da tavole onde ricevere le tegole, le ardesie, il piombo, il rame od altre materie in lamine formanti la copertura. Le superficie apparenti dei tetti constano talvolta di volte estradossate in declivio e coperte di pietra ed anche di marmo, come nel duomo di Milano.

Esistevano edificj ne'quali le superficie dei tetti erano formate come da armature in bronzo, a guisa di quella del portico del Panteon Romano, la cui figura trovasi nelle opere di Serlio e di Palladio (Vedi il Tomo II, Tavola 18, figura 17). Ai giorni nostri molti architetti hanno impiegato col maggior successo il ferro nella costruzione dei tetti.

Della formazione dei tetti.

I tetti sono d'ordinario composti d'una o più superficie inclinate per facilitare lo scolo delle acque piovane e della neve, e per coprire gli edificj dalle intemperie dell'aria. In quanto ai tetti di legname, queste superficie si formano con travicelli che a Parigi si posano alla distanza di 16 pollici da un mezzo all'altro. Questi travicelli sono ricoperti di assi o di assicelle per ricevere le tegole incavate o piane, le ardesie o le lamine di piombo, di rame o d'altra materia di cui si fa uso per la copertura.

I tetti più semplici sono quelli compresi fra i muri di frontispizio terminati in punta e formanti inclinazioni secondo il profilo dei frontoni.

Per sostenere i travicelli nella loro lunghezza, si pongono per traverso legnami più forti chiamati paradossi, murati nei frontoni.

Nei tetti a due declivj formanti un angolo alla sommità, per formar quest'angolo e sostenere i travicelli all'alto si mette un pezzo di legno F, chismato *asinello*, figure 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, Tavola CVI.

Nei tetti spezzati alla Mansard, i pezzi di legno D che si trovano nei punti delle spezzature sono chiamati *paradossi angolari*.

Nei tetti che hanno molto declivio, i travicelli poggiano al basso sopra una piattaforma in cui sono commessi; e per mandar le acque oltre la trabeazione, si aggiungono de' pezzi di travicelli, che formano un raddolcimento di pendio, come vedesi indicato dalla lettera c nelle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Quando i muri di fronteone si trovano a distanze troppo grandi, si pongono nell'intervallo delle armature di legname chiamate cavalletti onde sostenere i paradossi e gli asinelli nella loro lunghezza. Sovente anche i tetti non sono sostenuti che da cavalletti invece di frontoni; *ma un'armatura di legno, combinata comunque, non può mai avere la stabilità e la fermezza d'un frontone di muratura.*

Armature dei tetti ribassati.

Quando le armature di legname non hanno molta lunghezza, figura 1, Tavola CV, possono esser fatte con tre pezzi di legno soltanto, due dei quali inclinati a, a, sono chiamati puntoni, e la terza orizzontale b, che dicesi asticciuola o catena in cui gli altri due sono commessi in modo che formano un triangolo isoscele. In Italia si vedono molte armature di tal fatta.

I puntoni di queste armature sono commessi inferiormente nelle estremità della catena con piaghe a denti, e ritenuti da fascie di ferro messe perpendicolarmente all'inclinazione dei puntoni, che li fissano in modo invariabile, come vedesi dalle figure 3, 4 e 5.

Al di sopra, questi puntoni che si riuniscono per formare la punta del tetto, combaciano per una commessura verticale, e sono fissati da una specie di chiave cacciata nei due pezzi e inchiodata come indica la figura 8. Qualche volta non sono riuniti che da intaccature a metà legno fermate con una caviglia, figura 9.

Quando queste armature hanno una certa grandezza, si fortificano internamente con un'altra composta di tre pezzi, f, g, f, due de' quali raddoppiano i puntoni fino a due terzi circa, e l'altro in forma di catena per controspingerli, come si vede dalla figura 2.

La figura 3 rappresenta uno de' cavalletti del tetto di Santa Sabina a Roma. I puntoni sono commessi superiormente in un pezzo verticale *i*, che si chiama monaco; questo cavalletto è fortificato internamente da un'armatura composta di due pezzi *f*, che raddoppiano i puntoni fino a due terzi, controsposti da altri pezzi *h*, inelinati in senso contrario, commessi nei monachi, e chiamati contraffissi. Il mezzo della catena è sostenuto da una staffa di ferro obbligata al monaco: le estremità di questa catena sono fortificate nel luogo dello sforzo da specie di mensole di legno che raddoppiano l'estremità della catena, a cui sono uniti come anche ai puntoni con fascie di ferro inclinate. Questo cavalletto offre la meglio intesa combinazione pei tetti la cui elevazione è meno del quarto.

L'epoca in cui è stata fondata questa chiesa (l'anno 425 dell'Era volgare), come anche i rapporti di semplicità che esistono fra la composizione del tetto da cui è ricoperta, e la descrizione data da Vitruvio (1) dell'armatura dei tetti, possono far credere in questa il tipo dell'armatura antica *pro majoribus spatii*, copiato da antichi esempi e trasmesso d'epoca in epoca fino a noi coi monumenti dei bassi secoli. Dietro le stesse considerazioni saremmo indotti a credere che i tetti delle antiche basiliche di S. Pietro, di cui C. Fontana ci ha conservato il disegno (Tavola LXXI, figura 9) e di S. Paolo fuori delle mura di Roma, della quale segue la descrizione, abbiano la disposizione dell'armatura dei tetti *pro cellis immani magnitudine* (2).

Le figure 4, 5 e 6 rappresentano tre diversi cavalletti del tetto della basilica di San Paolo a Roma. Quelli delle figure 4 e 5 sono doppie, distanti l'uno dall'altro 10 piedi e nn pollice; sono essi composti di due cavalletti simili posti a 14 pollici di distanza l'uno dall'altro; fra questi cavalletti trovasi sospesa un'asta pendente *n* che tien luogo di monaco, e che serve a sostenere il mezzo della catena onde non si pieghi, col mezzo di una semplice chiave di legno *o*, situata sotto le catene e che passa in un foro quadrato fatto nell'estremità di tale asta. Questo pezzo è sospeso superiormente col mezzo di una caviglia di ferro situata in mezzo alla commessura de' due puntoni e di un'altra chiave di legno *z*, che attraversa l'asta sopra la falsa chiave, o catena *g*. Quest'armatura è una delle più antiche di legno d'abete che entrino

(1) Vitruvio, Libro IV, Cap. 10.

(2) Idem, Libro VII in Proenae, parlando del tempio di Cerere e di Proserpina coperto da Ruino architetto Romano.

nella formazione del tetto di questa chiesa; ed è una di quelle rinnovate nell'816 sotto il pontificato di Leone III.

Le catene, che sono di un sol pezzo, hanno 73 piedi e 6 pollici di lunghezza fra i muri; la loro grossezza è 21 pollici sopra 14, e la distanza pure 14 pollici. I puntoni hanno 15 pollici sopra 14 di grossezza: i pezzi che li raddoppiano al di sotto sono 10 pollici e mezzo in quadrato, e sono riuniti al puntone superiore con caviglie. La falsa chiave ha 11 pollici sopra pollici 10 e $\frac{1}{2}$, l'asta pendente 12 pollici sopra 8, dalla parte superiore della falsa chiave fino al basso; più alto ha 10 pollici sopra 12; e la testa fra la sommità delle armature ha 12 pollici in quadrato nel luogo ove passa la caviglia di ferro.

I paradossi sono sostenuti da pezzi *m*, profilati alle due estremità, formanti le traverse per collegare i due cavalletti, come vedesi nella figura 4 bis. L'asinello è composto di due pezzi di legno di 10 in 12 pollici di grossezza, e i paradossi hanno 8 pollici; distano essi fra loro 5 piedi e 4 pollici; e i travicelli, che hanno 5 pollici sopra 4, non sono distanti l'uno dall'altro che 8 pollici. Questi travicelli sono ricoperti da grandi mattoni di un piede circa sopra 7 pollici, che formano una specie di mattonato con malta nelle commessure. Su questo mattonato è stabilita la copertura formata di tegole piane con rialzi, e le commessure di esse sono ricoperte da tegole concave rovesciate.

Da questa descrizione si può giudicare il peso di questa specie di coperto; e la forza dell'armatura che lo sostiene.

L'armatura rappresentata dalla figura 5 è meno antica ed è anche più complicata dell'antecedente. I puntoni sono commessi superiormente nelle estremità dei monachi *i*, fra i quali passa un'asta pendente *n*, fermata da una forte chiave di legno che li attraversa nel punto *a*. Questa asta serve, come nell'armatura precedente, a sostenere il mezzo delle catene con un'altra chiave di legno. Queste catene sono in due pezzi commessi a zig-zag con doppia chiave e tre legami di ferro; sono anche sostenute da staffe di ferro fermate ai due falsi monachi *o*, sospesi al punto ove si uniscono i pezzi che raddoppiano i puntoni colle false chiavi. Il restante è come la precedente armatura. I puntoni *a*, *a*, sono più grossi, ed hanno 20 pollici e mezzo sopra 14. I falsi puntoni hanno pollici 13 sopra 12 e $\frac{1}{2}$; la falsa chiave ha pollici 14 sopra 12.

Questa seconda armatura è assai più forte che la precedente, prima di tutto perchè i puntoni sono più grossi; quindi perchè sono commessi

nei monacchi e l'asta pendente è molto meglio sospesa col mezzo di questi monacchi che per la sola commessura dei puntoni; in quanto agli altri monacchi o, non sono essi ritenuti con sufficiente solidità perchè possono essere molto utili; così lo sforzo che provano è poco considerevole.

La terza armatura, indicata dalla figura 6, è una delle più nuove; è una di quelle della parte di tetto sopra il santuario, rinnovata sotto il pontificato di Sisto V. Benchè quest'armatura sia sostenuta nel mezzo da un muro grosso più di 4 piedi e $1/2$, essa è assai più complicata che le precedenti: le catene non hanno più di 35 piedi e 9 pollici di lunghezza; i pezzi al di sopra formano due piccole armature separate, e sostengono i puntoni della maggiore fino alla metà circa della lunghezza di essi; il di più è raddoppiato da falsi puntoni, che si uniscono come i puntoni veri nel gran monaco di mezzo.

Queste armature non sono già doppie come le precedenti. Le catene hanno 17 pollici sopra 14, i puntoni hanno 14 pollici in quadrato, i monacchi 13 pollici e mezzo sopra 11 pollici, le traverse 6 pollici e mezzo su 4 pollici e mezzo, i paradossi 8 pollici, ed i travicelli 4 pollici e mezzo. Questi cavalletti distano 9 piedi e 3 pollici l'uno dall'altro, i paradossi ed i travicelli sono spazati come nelle altre armature, ed il coperto è lo stesso.

I legnami di tutte queste armature sono squadrati a spigoli natti, e le commessure non consistono che in tagli ed intaccature che indeboliscono i legni meno che le piaghe ed i maschi usati da noi. Il loro aspetto presenta una nettezza ed una regolarità che non si trova punto nelle nostre armature moderne ove non s'impiegano che legnami riquadrati grossolanamente e pieni di fenditure, di curve e d'irregolarità. D'altronde non si può a meno di far osservare che quest'ultima armatura paragonata alle due altre è assai troppo complicata.

Armature del tetto rialzati.

La figura 1 della Tavola CVI rappresenta una delle armature principali di un tetto rialzato la cui lunghezza fra muro e muro è piedi 27. I puntoni poggiano inferiormente sopra una gran catena *b* di un solo pezzo che forma tutta la lunghezza del fabbricato, compresa la grossezza dei muri, e vanno a commettersi nel monaco *i*, su cui poggiano i pezzi formanti l'asinello *f*.

La falsa chiave *g*, i puntelli *e*, *e*, che la sostengono al di sotto, come anche le gambe *f*, sono comuni alle armature principali ed alle intermedie chiamate *riempimento* o *travicelli* a cavalletto (1); questi pezzi hanno soltanto un pollice di più di grossezza nelle armature principali che nelle secondarie.

Le armature ordinarie non hanno monaco all'alto, ed invece di catena hanno per base dei pezzetti *d*, nei quali sono commesse le estremità dei travicelli e delle gambette.

Questi pezzi sono posati sopra un doppio rango di piattaforme riunite da traverse situate di sei in sei piedi, e formanti insieme lo spessore del muro.

Le armature intermedie distano due piedi da un mezzo all'altro, e le armature principali piedi 10, in modo che fra due di queste se ne trovano quattro di secondarie.

I pezzi componenti le armature intermedie hanno 5 pollici di grossezza, e quelli delle principali, pollici 6; la grossezza della catena grande è 8 pollici sopra 9; le travi hanno 4 pollici sopra 6 di grossezza.

L'altezza totale di questo tetto dal di sotto della gran catena è eguale alla lunghezza di questa. Le false chiavi sono situate a $5/9$ di quest'altezza partendo dal basso. Le estremità superiori delle traverse o puntelli giungono fino al quarto della lunghezza della falsa chiave; la parte inferiore di queste traverse corrisponde al terzo della lunghezza del travicello al quale si commette. Le gambette inferiori sono verticali e si prolungano sino all'incontro dello stesso travicello.

Questa combinazione che forma triangoli dappertutto, è la più propria a conservare gli assieme, perocchè ogni pezzo è reciprocamente trattenuto da altri che agiscono nel senso della lunghezza, nella quale non sono suscettibili nè di allungamento, nè di diminuzione sensibile per le variazioni di temperatura (2).

(1) Si chiamano anche armature di connessione (*formes d'assemblage*), e con ciò s'intende che tutti i pezzi sono d'una stessa dimensione e che ogni travicello figura il puntone d'un cavalletto.

(2) Mi sono assicurato di questa proprietà del legno facendo standere sull'appoggio della balaustrata dei muri esteriori della chiesa di Santa Groevieffa de' pezzi di legno di quercia e di abete lunghi da 36 a 40 piedi. Ho trovato che la differenza fra la lunghezza di questi legni secchi o bagnati non variava in quelle di quercia che circa una linea ed un quarto, e nel legno di abete meno di tre quarti di linea, benchè questo varii di più la grossezza. Per 10 gradi di differenza nella temperatura, il legno di quercia su quella lunghezza non varia una linea intera, e il legno d'abete varia meno di mezza linea.

La disposizione di tutti questi pezzi è presso a poco la stessa nei diversi esempi di armature proposti da Mathurin Jousse nel suo *Teatro dell'Arte del Carpentiere*, del quale si è già parlato in quest'opera.

Non è inutile osservar in questo luogo che nei tetti di grande estensione la composizione di queste armature cagionava effetti prospettici di nn bel carattere e dei quali si potrebbe trar partito vantaggioso per le armature che debbono rimaner esposte alla vista.

La figura 2 rappresenta una di queste armature usate pei tetti di Parigi dal secolo decimoquinto fino al terminare del diciassettesimo. I puntoni a, a , formano colla catena b un triangolo equilatero. Quest'armatura è munita internamente di un monaco i , nel quale sono commessi i puntoni superiormente, di due contraffissi h, h , e di una falsa chiave g fortificata inferiormente da due puntelli e, e .

Sui puntoni sono fermati i dadi l , con zeppe per sostenere i paradossi indicati da p .

I travicelli sono commessi inferiormente in una piattaforma e fermati sui paradossi e sull'asinello.

Quest'armatura presenta una combinazione che sembra più solida della precedente, ma essa è più complicata; esige inoltre gran quantità di pezzi più grossi e che producono una spesa maggiore. Per un tetto largo da 24 a 30 piedi si dava ordinariamente alla catena, quando portava un solajo, il diciottesimo della larghezza fra muro e muro, come per le travi; e per quelle che non portavano solaj $1/24$.

Ai puntoni	$\frac{1}{15}$
Alle false chiavi	$\frac{1}{24}$
Ai monachi	$\frac{1}{13}$
Alle traverse	$\frac{1}{21}$
Ai paradossi	$\frac{1}{13}$ dell'intervallo fra i cavalletti.

Talvolta per praticare un piano in parte nel punto più basso del tetto si posava la catena principale tre o quattro piedi sotto la trabeazione. Su questa prima catena portante il solajo si stabilivano i falsi puntoni o gambe di forza che si tenevano più verticali che l'inclinazione del tetto onde sgombrare l'interno, e per tal uso si sceglievano legnami curvi. Queste gambe di forza portavano una seconda catena nella quale erano commesse con traverse. Il rimanente del tetto era disposto come nella figura 2. S'illuminavano questi piani con finestre

in forma di abbaini che tagliavano la trabeazione e terminavano in frontoni.

L'armatura rappresentata dalla figura 5 è quella che Bullet propose per i tetti di Parigi. Siccome essa è alquanto aggravata di legname si possono sopprimere i due contraffissi *A, A*, che spingono il monaco; esso è già consolidato abbastanza dalla falsa chiave, e non è tanto lungo da aver bisogno di tale soccorso.

In molti tetti moderni, invece di far portare i paradossi dai dadi si comettono con maschi nei puntoni, in modo che toccano la superficie superiore dei puntoni; taluni vi posano sopra travicelli come d'ordinario: si possono commettere tali travicelli nei paradossi, in modo che non se ne trovano sui puntoni la cui parte superiore serve di travicello. Questa disposizione rende i tetti meno pesanti ed impiega meno legname; ma essa non può convenire che per quelli la cui larghezza non eccede i 30 piedi; per gli altri è meglio seguire il metodo ordinario.

Nei tetti interrotti, come quelli rappresentati dalle figure 3, 4, 6 e 7, per non caricare inutilmente la falsa chiave, conviene evitare di far che porti le gambette *j*, che al caso si possono rimpiazzare dai contraffissi commessi nel monaco, come nelle figure 2 e 5.

I paradossi angolari *D E* si comettono con maschi all'estremità della falsa chiave. Gli altri paradossi sono disposti e sostenuti come nelle armature comuni.

Disposizione degli elementi delle armature secondo i principi.

Convien osservare che in qualunque modo sieno coperti i tetti, con ardesie, con tegole ed anche con piombo, essi non debbono aver bisogno che della forza che occorre ad un solajo della stessa superficie di base, perchè il carico portato dai tetti è distribuito uniformemente in tutta la lor superficie mentre quello de' solaj è spesso ineguale, e provano talvolta degli urti e delle scosse a cui i tetti non sono mai esposti. Se i legnami dei tetti non fossero soggetti a degradarsi in causa delle variazioni di temperatura dell'aria, basterebbero spesso tre pezzi di legno per formare un cavalletto solido.

Le curvature e le ondulazioni che si osservano in certi tetti avvengono piuttosto per difetti dei legni messi in opera che per la pochezza delle loro dimensioni e per la cattiva combinazione delle armature.

In Italia e nei dipartimenti meridionali della Francia si trovano tetti in legno di abete, molto più leggeri e meno complicati dei nostri, che si conservano retti ed in buono stato benchè sieno aggravati da coperture doppiamente pesanti.

Il legno di quercia essendo più pesante dell'abete, avendo le fibre più contorte, è anche più soggetto a degradarsi in confronto di quest'ultimo che non varia che di grossezza e che è meno soggetto a contorcersi.

In generale, è utile osservare che il mezzo più sicuro di formare le armature solide è quello di comporre d'un sistema di triangoli perchè la figura di essi non può giammai variare quando i pezzi che le formano sono commessi in modo conveniente. (1).

(1) Nella seconda parte della Raccolta di Kraft (Tavola XXXIV), si trovano due sistemi di tetti proposti da Styenne carpentiere di Virmtenberga. Il primo rappresentato dalla figura 1, Tavola CLX, consiste:

1.^a Nel tracciare un quadrato ciascuno lato del quale sia eguale alla metà della larghezza dell'edificio da coprire, del quale si conduce la diagonale per esprimere il pendio.

2.^a Dal punto E in cui le due diagonali si tagliano, conducendosi un'orizzontale EF che divide CD in due; e dal punto F la linea FG, che determina in M la posizione della seconda catena, ed in K quella di una chiave pendente, o asta, che poggia sulla gran catena AD.

3.^a Elevata dal punto K una verticale che taglia BC in S, si conduce SG che determina nel punto O la posizione della terza catena e la lunghezza del mosaico.

4.^a Del punto M si eleva un'altra verticale che determina in EG un punto N, dal quale si conduce GR. L'intersezione di questa linea con quella della parte inferiore della terza catena, indica la posizione di un'altra chiave pendente che poggia sulla seconda catena.

Kraft non dà veruna spiegazione dei principj sui quali questi processi possono essere fondati; ma questa combinazione non presenta una solidità proporzionata al numero dei pezzi di legno ond'è composta. Le chiavi pendenti L aggravano anzi che sollevare le catene nella loro lunghezza, perchè non sono abbastanza sostenute dai pezzi H ed I che sono isolati.

Vi sono dei casi ove le seconde catene hanno bisogno d'essere raddoppiate come i pontoni; si sostengono allora i pezzi che le raddoppiano, da contraffassi P isolati dai pontoni. Quest'uso hanno una certa lunghezza è utile collegarle cogli incastelli che debbono sostenere la gran catena, come vedesi indicato dalla figura 3.

OSSERVAZIONE

Le figure 1 e 3 meritano un'attenzione particolare perchè presentano l'impiego di un mezzo usato nel Nord e nei paesi fra le montagne per mantenere intanziali le armature di un tetto contro la violenza degli uragani ai quali gli edifici sono esposti. Questo mezzo consiste nello stabilimento d'un sistema di telai inclinati sotto ciascun prodio. Questi telai sono fermati sulla lunghezza, con due cunei di pezzi Y, incastellati nelle catene nelle quali si connettono superiormente i falsi pontoni X, situati nel luogo di ciascuna armatura. L'interno è munito di croce di Sant'Andrea o di zeppe negli angoli. Nulla da questa disposizione per ciascun lato del tetto, un'armatura analoga a quella degli

Questa combinazione può esser fatta in molte diverse maniere. In quella indicata dalla figura 4, Tavola CIX, si suppone che l'armatura sia bastantemente considerevole, per esser divisa in tre piani separati dalle catene; ma siccome i pezzi di legno formanti i triangoli principali avrebbero una lunghezza troppo grande, si sono sostenuti nel mezzo loro da ascialloni verticali FH, GI, che li collegano colle catene. È utile osservare che questa combinazione può far a meno del monaco, il che imbarazza meno gli spazi fra le catene se vi si vogliono praticare de' solai ad uso di granaj.

Per istabilire quest'armatura si è, 1.^o divisa l'altezza BE in tre parti eguali.

2.^o Per i punti di divisione 1 e 2 e pel punto C si sono condotte delle rette prolungate sino all'incontro del lato AB nei punti F e G.

3.^o Da questi punti F e G si sono condotte le orizzontali GG, FF, che indicano la posizione delle catene intermedie.

4.^o Condotte le linee AK, CK, FL, che indicano i contraffissi o falsi puntoni, si sono condotte le verticali FH, GI, per indicare gli ascialloni che debbono sostenerli nella loro lunghezza e collegarli colle catene e coi puntoni.

La figura 5 presenta una combinazione di triangoli regolari formata con verticali dai monachi, con orizzontali dalle catene, e con parallele ai puntoni dei contraffissi.

Per tracciare quest'armatura si è, 1.^o divisa la gran catena AC in quattro parti eguali.

antichi edifici, che rianita colle traverse, i paradisi e le travi, contribuisce a formare un insieme d'una solidità a tutta prova. I tetti così rinforzati si chiamano *Lägerda-Dachstuhl*, o ad armatura coronata.

La figura 2 presenta un altro sistema proposto da Styrer per i tetti la cui altezza non deve essere che il terzo della lunghezza. Il suo processo consiste, 1.^o nel dividere la semibase AB in sei parti eguali;

2.^o Con un raggio che comprende due delle sue divisioni, si descrive il quarto di cerchio I S;

3.^o Dal punto S si conduce una orizzontale che determina nel punto O la parte superiore della falsa chiave, il mezzo d'uno dei falsi monachi ON e la parte inferiore d'uno degli ascialloni F;

4.^o Dal punto A col raggio AH, comprendente quattro divisioni, si descrive un altro quarto di cerchio che determina l'altezza del monaco;

5.^o Divisa DS in due parti eguali, si è condotta una linea orizzontale, intermedia, che ha dato il punto E ove deve terminare la parte superiore degli ascialloni.

Da questo processo puramente grafico risulta un'armatura meglio combinata e più solida di quella del primo sistema di Styrer, figura 1, ma è troppo pesante per l'uso ordinario. La figura 3 indica le modificazioni di cui ci è sembrata suscettibile.

2.° Dai punti di divisione I ed E si sono condotte le verticali IF ed EB; DI, EF, I d, parallele ai puntoni BA, BC, ed una parallela ad AC che passa pei punti F, G, F.

Questa combinazione produce armature solidissime, ma ha l'inconveniente d'intoppare l'interno assai più che il precedente sistema.

Quando le armature non hanno da sostenere un carico straordinario si possono sopprimere le due croci di Sant'Andrea H e K e la parte di monaco GE.

Nella figura 6 si è rappresentata un'altra combinazione formata da linee condotte dalle estremità A e C della catena. Queste linee s'incrociano nel mezzo nei punti 1 e 2 che dividono BE in tre parti eguali.

I pezzi rappresentati da queste linee sarebbero tratti dagli asciaioni FH e dal monaco B, che dividono gli angoli F e B in due parti eguali.

Benchè questa combinazione non abbia seconda catena, produce armature solide come le precedenti. La dimensione di esse, la loro distanza ed il carico che debbono sostenere sono le circostanze che debbono decidere della combinazione che è meglio adottare, ma non bisogna perdere di vista che la regolarità e la simmetria tendono ancora a dar loro più forza e solidità.

In generale le armature dei tetti possono essere considerate come le principali travi de' solai, i paradossi come le travi d'inchiavatura e i travicelli come quelli di riempimento.

Abbiamo fatto vedere, parlando delle travi, che quando sono troppo deboli si possono fortificare con specie di puntoni a cui queste travi servono di base. È evidente che più questi puntoni sono elevati sopra le travi, più esse hanno forza per sostenerli, d'onde risulta che un'armatura di legname composta di una catena e di due puntoni ha più forza assai di una trave per sostenere le parti che vi corrispondono. Nondimeno quando i puntoni non hanno una grossezza proporzionata alla loro lunghezza, il peso dei paradossi può farli piegare nel mezzo. In questo caso il mezzo più semplice per impedire quest'effetto è di contropingerli con un pezzo di legno orizzontale g, figure 1, 2 e 3, Tavola CVII, chiamato falsa catena o falsa chiave. Nell'armature che hanno un monaco si può sostenere il mezzo dei puntoni con due contraffissi h, figura 7, commessi nel monaco.

Esamineremo dapprima qual debba essere la posizione di questi contraffissi e in qual easo si debbano preferire alle false chiavi.

La posizione più vantaggiosa di un pezzo di legno che deve sostenere un altro orizzontale od inclinato per impedirlo di piegare è quella quando è posato perpendicolarmente alla sua direzione, nel mezzo della sua lunghezza: donde risulta che i contraffissi che si commettono nel monaco dei cavalletti dovrebbero essere preferiti alle false chiavi. Nondimeno siccome il peso agisce sempre secondo una direzione verticale, ne risulta che quella dei contraffissi, benchè perpendicolare ai puntoni che sostengono, si trova obliqua alla verticale, in guisa che agiscono con uno sforzo misto che trasporta una parte dello sforzo dei paradossi sul monaco. D'altronde se si osserva che i puntoni non possono piegare senza che avvenga un avvicinamento della parte del monaco, si vedrà che un pezzo orizzontale come una falsa chiave può impedire questo avvicinamento senza caricare il monaco. Quest'ultimo mezzo è quello che conviene di più pei tetti ribassati che hanno molta larghezza ed un gran carico da sostenere, come quelli coperti di tegole romane o di tegole concave. Tal mezzo è stato impiegato con successo pei cavalletti dell'armatura del tetto della basilica di S. Paolo fuori delle mura di Roma, figure 4 e 5, Tavola CV, di cui poc' anzi si sono dati i dettagli.

La disposizione più conveniente per questo genere di cavalletto è quella di porre la falsa chiave *g*, ai due terzi dell'altezza del monaco, raddoppiando la parte inferiore dei puntoni con pezzi che si commettono colle grandi chiavi, come si vede nella figura 4.

Pei cavalletti dei tetti rialzatissimi si potrebbero posare due false chiavi che ne dividano l'altezza in tre. Quando queste chiavi sono di una considerevole grandezza si possono sostenere nella loro lunghezza con traverse, come vedesi nella figura 1, Tavola CVII.

Le armature dei tetti che formano alla sommità un angolo retto, possono esser trattate da una sola falsa chiave, posata alla metà della loro altezza, figura 2.

Quando si vuol far uso di contraffissi per impedire che carichino il monaco, conviene che alla loro unione al basso formino un angolo eguale a quello che formano i puntoni al di sopra, cioè che ciascun contraffisso sia parallelo al puntone che è dall'altra parte del monaco. Perchè se si considerano le parti DC ed EC, figure 7, 8 e 9, come

due potenze che agiscano dal basso all'alto, il risultato del loro sforzo verticale sarà espresso dal doppio di CG , mentre lo sforzo delle potenze DF , EF , che agiscono dall'alto al basso dà per risultato il doppio di GF . Ora siccome in questo caso $GC = GF$, ne risulta che lo sforzo dei contraffissi, che tende a caricare il monaco, è distrutto da quello delle parti de' puntoni a cui essi corrispondono.

Quando l'angolo formato da un tetto è un angolo retto, i contraffissi, FD , FE , figura 4, sono perpendicolari ai puntoni ed hanno in conseguenza la direzione più vantaggiosa. Nei tetti rialzati o ribassati, figure 5 e 6, la direzione dei contraffissi divenendo obliqua fa sì che agiscano con minor vantaggio. Se per aver più forza, si cerca di dare ai contraffissi minore obliquità, il loro sforzo verticale sul monaco divien più grande di quello dei puntoni nei tetti ribassati, e meno grande nei tetti rialzati; d'onde risulta che i contraffissi hanno minori inconvenienti pei tetti rialzati. Quando si vuol farne uso per queste specie di tetti, convien dare ad essi una direzione media, che si troverà conducendo dapprima dal punto F , figure 5 e 6, una parallela FD' al lato CB ; elevando dallo stesso punto una perpendicolare FD'' al lato AC , si dividerà l'angolo $1 F 2$ in due parti eguali nel punto 3 pel quale si condurrà $F D'$ che sarà la direzione cercata.

Ma, come abbiain detto più sopra, l'uso delle false chiavi offre un mezzo più semplice di sostenere i puntoni nella loro lunghezza, il quale non aumentandone per nulla l'azione, ha il vantaggio di non diminuire affatto la loro forza.

*Principj della disposizione degli elementi dei cavalletti,
applicati all'armatura dei tetti di varj edifizj.*

La figura 10 rappresenta uno dei cavalletti del tetto dell'antico teatro di Lione eseguito sui disegni di Germano Soufflot.

Vedesi che si è voluto in questo cavalletto distruggere lo sforzo dei contraffissi AB , CD , che tendono a caricare il monaco, opponendo ad essi de' pezzi GH inclinati in senso contrario che tendono a sollevarlo con una forza presso a poco eguale allo sforzo dei contraffissi. Questi pezzi sono formati inferiormente da asciaioni pendenti K sospesi ai grandi puntoni E , e contropinti da un falso puntone CL e da due contraffissi GD , HE .

Questo cavalletto che è elevato meno del quarto della sua base e che porta una copertura che pesa un terzo più di quella in tegole piane, è abbastanza ben combinato per non caricare la chiave M N, il monaco e gli ascialloni pendenti, essendo isolati al di sopra.

Nondimeno sarebbe stato meglio che i falsi puntoni C I, non fossero stati isolati dai veri puntoni. Se si paragona quest'armatura a quelle del teatro d'Argentina e dell'antica sala dell'Odeon di Parigi, si troverà che poteva essere meno complicata.

Abbiamo applicato a quest'armatura la regola testè indicata per la direzione dei contraffissi.

Le due armature della Tavola CVIII sono quelle dei tetti della nuova chiesa di Santa Genevieffa. Siccome quelle dell'atrio, figura 1, non potevano aver catena al di sotto perchè la volta penetra troppo nel tetto, e frattanto bisognava impedire ogni sforzo all'esterno onde diminuire piuttosto che aumentare la spinta di questa volta, si è supplito a tale catena cogli ascialloni C, C, che legano i piedi delle aste B, B sulle quali sono stabilite tali armature coi monaci A, A; e gli altri servono di catena per impedire lo smovimento dei puntoni. Questi puntoni che sostengono ognuno tre ranghi di paradossi, sono sostenuti nella loro lunghezza da pezzi di legno L, L, che li raddoppiano e che sono spinti da una parte dai contraffissi F, F, connessi nel monaco A, e dall'altra dalle gambe di forza E, E.

Convien osservare che le direzioni di questi pezzi di legno essendo prolungate, s'incontrano in un punto G determinato da una verticale condotta dal punto N, egualmente distante dai punti I e K, ove queste direzioni incontrano il di sotto del puntone, in guisa che si combinano nel modo possibilmente più utile per sostenere col raddoppiamento L, lo spazio compreso fra I e K. Quest'armatura ha 53 piedi e 4 pollici di lunghezza.

L'armatura rappresentata dalla figura 2, che è una di quelle dei tetti sopra le navate, avendo la sua parte di mezzo munita di una catena non ha avuto bisogno che degli ascialloni C per ritenere i piedi delle aste B, B, che la sostengono, onde evitare lo smovimento al basso di tali aste, e di semicavalletti che poggiano sui muri esteriori.

Colla figura 9, Tavola CIX, si è rappresentata la metà d'una delle armature di un tetto di 80 piedi di larghezza costruito sui muri di una antica chiesa la quale serve di sala d'esercizio per le truppe durante

l'inverno ed il cattivo tempo; essa è tratta dalla Raccolta di Krafft, 2.^a parte (Tavola XXXVI *bis*).

Quest'armatura non presenta nella combinazione de'suoi pezzi, nè principj, nè regolarità. Se si eccettui la gamba di forza C, gli altri pezzi posti sotto la gran catena tendono piuttosto a sopraccaricarla che a sostenerla. Gli ascialloni B, E, le chiavi pendenti I, i doppi puntoni F, ed i contraffissi D, benchè mal disposti, bastavano senza i grandi ascialloni G, H, e gli altri pezzi che ad essi appartengono.

La figura 10 offre per lo stesso tetto una combinazione di armatura più semplice e più regolare che produrrebbe maggior solidità con minor quantità di legno e minore spesa.

La grande catena AB si trova fortificata al di sotto dalle gambe di forza C, C, e da doppi cappelli D, D, che diminuiscono di una metà la sua lunghezza; essa è inoltre sostenuta da un asciallone pendente E, in guisa che potrebbe essere composta, nella sua lunghezza, di tre pezzi commessi a zig-zag.

La seconda catena F è fortificata da un raddoppiamento sostenuto a ciascuna estremità da un contraffisso H, che spinge contro una piastrina I per non indebolire con intaccature la grande catena.

Il puntone K che sostiene tre ranghi di paradossi è sostenuto anch'esso, 1.^o dalla seconda catena F, che forma asciallone; 2.^o da un'armatura composta da un raddoppiamento L controspinto da una parte con una gambetta M e dall'altra con un contraffisso N che si commette nel monaco O.

Per procurare la maggior fermezza nella riunione dei pezzi si possono munire tutti gli angoli acuti con zeppe p, come ho veduto usato in molte armature d'Italia, e che Serlio indica (A) nel Capo LXXIII, libro VII del suo Trattato d'Architettura. In alcune se ne trovano al basso del monaco per non intaccarlo con piaghe.

La figura 1 della Tavola CX rappresenta una delle armature del tetto del teatro d'Argentina a Roma; la sua lunghezza da muro a muro è circa piedi 75 e $\frac{1}{2}$; essa è composta di due puntoni formanti declivj inclinati 24 gradi e commessi all'alto in un picciolo monaco senza contraffissi. Poggiano al basso sopra una gran catena alla quale sono legati con fascie di ferro. Questa catena è in tre pezzi, nella sua lunghezza commessi a zig-zag.

Ciascun puntone è caricato da 12 ranghi di paradossi che portano grossi travicelli; essi non distano fra loro che 9 in 10 pollici e sostengono

una copertura di tegole assai pesanti. Ciascuno di questi puntoni è in due pezzi commessi pure a zig-zag.

Questo cavalletto è fortificato da un'armatura composta di una seconda chiave e di due contraffissi o falsi puntoni commessi con due falsi monachi. Questi tre monachi servono specialmente a sollevare la lunghezza delle catene col mezzo di staffe di ferro. Questa disposizione produce un'armatura solidissima e capace di sostenere, avuto riguardo alla forza del legno, indipendentemente dalla copertura, lo sforzo delle macchine da teatro e il peso delle *arie* e dei plafoni che vi sono sospesi.

La figura 2 rappresenta un cavalletto dell'antica armatura dell'Odeon, fatta ad imitazione di quella del teatro d'Argentina. La lunghezza da un muro all'altro di quest'armatura è piedi 73. L'inclinazione formata dai puntoni è di 34 gradi, e però le staffe che sostengono le chiavi sono molto più lunghe. Questo cavalletto è meno forte di quello del teatro d'Argentina; ma sostiene una copertura meno pesante ed è fatto di quercia, essendo quello dell'Argentina fatto d'abete. La combinazione di questo cavalletto è assai commendevole; a mio avviso però, lo sarebbe anche di più, se il monaco del mezzo fosse trattenuto da due contraffissi, e se ai due falsi monaci ed alle staffe di ferro che vi corrispondono si sostituissero degli ascialloni pendenti, come si vede nella figura 3. Questi ascialloni che agiscono come tiranti ad un tempo e come spingenti, tratterrebbero i pezzi con maggior fermezza e solidità. Siccome questi pezzi riducono la lunghezza della gran catena alla metà meno si potrebbe sopprimere la staffa di ferro che corrisponde al monaco di mezzo.

Abbiamo nella Tavola CXI descritte due armature di tetto da teatro, che vogliono essere più robuste a cagione delle macchine che vi si collocano per i cambiamenti di scena a vista. La figura 1, rappresenta la metà d'una delle armature dell'antico teatro dell'Opera a Parigi.

Data la posizione degli ascialloni B e C che formano la seconda e terza catena, si trova che la terza catena C che collega i puntoni, il monaco e i contraffissi che vi si comettono, formano una buona combinazione di commessione per solidità.

Quanto agli altri pezzi che guarniscono l'interno dell'armatura non sono combinati in un modo vantaggioso altrettanto; gli spazi non sono abbastanza simmetricamente distribuiti: si vedono dei luoghi ove le commesse son troppo avvicinate ed in altri ove sono troppo allontanate.

Si possono sopprimere le gambette F e K, che posano sulle catene B ed A, in punti ov'esse non sono sostenute; e così pure il contraffisso G e la traversa H commessi in una pila verticale che posa in falso sul gran solajo inferiore. In luogo di tutti questi pezzi sarebbe stato più conveniente collocare le pile Q ed R in prolungamento di quelli al di sotto, con una gamba di forza O, per sostenere l'estremità della catena A; ed un asciallone al di sopra P, secondo la stessa direzione per sollevare la lunghezza della seconda catena B, ed il puntone nel punto S; finalmente un contraffisso T commesso nella pila V messo dentro il muro di fronte per fargli portare la maggior parte del peso dell'armatura e sollevare la pila Q. Si riconoscerà facilmente che in questa nuova disposizione i pezzi di legno essendo distribuiti più egualmente, deve risultarne un'armatura più solida, benchè composta d'una minore quantità di pezzi.

La figura 3 rappresenta una semiarmatura del gran teatro di Bordò formante una specie di tetto interrotto alla Mansarde.

È evidente che la piegatura di questo tetto dovrebbe essere ritenuta da una catena G, come si vede nella figura 4, e che la catena B, la quale è posata più sotto, figura 3, non produce lo stesso effetto, malgrado le armature formate dagli ascialloni C, D, E.

La catena G, figura 4, che formerebbe un triangolo coi puntoni superiori, il quale sarebbe diviso in quattro altri dal monaco e dalle traverse K, produrrebbe una combinazione solidissima. È lo stesso dei triangoli formati dai puntoni inferiori N, e dalla catena G, riuniti dai contraffissi H.

D'altronde, la gran catena A, sostenuta inferiormente dalle traverse O e dai contraffissi L, che spingono contro il raddoppiamento M, si troverebbe in caso di sostenere un solajo ed un carico considerevole col mezzo degli ascialloni pendenti I, I, che riuniscono in modo solidissimo le tre parti di quest'armatura e la rendono capace di resistere ai maggiori sforzi.

Si può rimarcare in questa figura una combinazione più regolare ed una distribuzione più eguale, condizioni tutte e due essenziali, come si è già detto, per la composizione delle armature.

Sala d'esercizio di Mosca.

Sembra certo che fino verso la metà del secolo ultimo scorso, le armature dei tetti delle antiche basiliche di Roma, che avessero appena 80 piedi d'estensione passassero per le più ardite opere e considerevoli che si potessero eseguire in legname; e si può dire che prima dello stabilimento del ponte di Wettingen e della Sala d'esercizio di Darmstadt (1) non si conoscevano ancora tutti i mezzi che tal ramo dell'arte di edificare poteva offrire all'architettura.

Benchè dopo il ponte di Wettingen i processi della costruzione di legname abbiano ricevuti considerevoli perfezionamenti, non si osò nondimeno portare l'apertura degli archi alla dimensione di questo; circostanza che si può riguardar con ragione come una prova d'inquietudine che quest'opera aveva fatto concepire sulla sua durata. Ma se si dovette a questo tentativo ardito l'aver ingranditi e fissati i limiti che la ragione deve prescrivere in siffatti lavori, puossi egualmente dedurre la conseguenza, che nell'armatura dei tetti si era ben lungi dall'aver toccato l'ultimo grado della possibilità.

La sala d'esercizio di Darmstadt, costrutta presso a poco nel tempo stesso, fu per lungo tempo l'edificio più rimarchevole per la sua grande larghezza; merito che non gli si può negare, ma che nulla decide di quello della sua armatura, che non offre se non una confusa combinazione d'elementi secondarj, come si può giudicare dalla figura che diamo nella Tavola CXII, coll'intento di mostrare lo stato dell'arte a quell'epoca.

Si può dunque con verità asserire, che mancava all'arte un'opera che potesse dar lezione in questo genere, per tali casi tanto rari nella pratica. La Sala di Mosca venne alfine ad empier tale lacuna, e l'architettura non è meno debitrice all'autore di essa, M. Bétancourt, per aver creata tal'opera, che per aver publicati gl'interessanti dettagli della sua costruzione.

La descrizione data da Bétancourt (2) essendoci sembrata altrettanto precisa che proficua all'istruzione, crediamo non poter far meglio che trascriverla letteralmente.

(1) Edificata nel 1771, sopra una pianta rettangolare di 288 piedi in un lato e di 136 nell'altro.

(2) *Descrizione della Sala d'Esercizio a Mosca*, di M. Bétancourt tenente generale al servizio di S. M. l'imperatore di Russia, direttore generale delle vie di comunicazione, ecc. ecc. Pietroburgo, stamperia di P. F. Flachet; 1819.

INTRODUZIONE

« Le prime Sale d'esercizio su grandi dimensioni datano dalla metà del secolo ultimo scorso. Furono stabilite in alcuni Stati della Germania ove la severità del clima si opponeva ad una continua istruzione del soldato negl'inverni lunghi e rigorosi. Quella di Darmstadt (1) è ritenuta per una delle più grandi e delle più antiche.

« L'imperatore Paolo ne' suoi viaggi fu colpito dall'utilità di questa specie di edificj nel clima del suo impero. Molte Sale d'esercizio furono edificate a Pietroburgo per ordine suo, la più grande delle quali era fino ad ora quella del palazzo San Michele, ed ha 112 piedi di larghezza sopra 517 di lunghezza.

« Sua Maestà l'imperatore, avendo risoluto di passar l'inverno del 1817 al 1818 in Mosca, con tutta la famiglia imperiale, ed avendo al suo seguito gran quantità di truppe, fece fare diversi progetti per costruire una Sala d'esercizio in quest'antica capitale ove non ne erano mai state (2) e mi diede ordine di esaminarli. Benechè i più grandi di questi edificj non fossero progettati che su larghezze di 105 ai 113 piedi, in pochi d'essi, a parer mio, la composizione delle armature offriva una sicurezza completa della loro solidità; il che avendo dichiarato a Sua Maestà m'incaricò d'occuparmi di quest'oggetto al più presto possibile. Presentandole il progetto, Tavola CXIII, le chiesi il permesso d'eseguire in grande una coppia di armature quali erano necessarie a servir di copertura a tale edificio.

*Costruzione di due cavalletti, ed esperienze sulla resistenza
di cui erano capaci (Tavola CXIV).*

« La catena AB, figura 1, le cui estremità dovevano poggiare su muri grossi 8 piedi (3) avea 160 piedi di lunghezza totale, ed era

(1) Vedi la Tavola CXII.

(2) Quella che si trova nella Raccolta di Kraft, parte 2.^a N.° 39, e di cui segue la descrizione, non ha mai esistito che nel progetto: ciò venimmo a sapere dalla dichiarazione formale di M. De-tancourt.

(3) Nel qual caso servivamo l'annuncio delle misure, benchè espresse in piedi inglesi, eode presentare questa bella composizione in tutta la semplicità de' suoi rapporti. Del resto si sa che il piede inglese sta al piede francese come 0,9382 ad 1.

» composta di due file di travi grosse 11 pollici in squadratura, l'una
 » sull'altra, il che formava una sola trave di 22 pollici sopra 11. Que-
 » ste travi erano commesse a zig-zag, e congiunte insieme da cavicchie
 » di un pollice di diametro; messe ogni 3 piedi. Le doppie chiavi di
 » legno di quercia *b, b, b, b*, erano caeciate nelle piaghe praticate in
 » parti eguali nelle due file di travi per impedire lo strisciamento oriz-
 » zontale. Vedremo che queste precauzioni non erano sufficienti, e le
 » mutazioni che ho creduto dovervi fare.

» Dalle due estremità *A, B*, di questa doppia catena, il cui mezzo *D* si
 » elevava per una freccia di 12 pollici, partono i grandi puntoni *AC, BC*,
 » che si spingono contro il monaco *CD* del mezzo, che ha 32 piedi
 » di lunghezza, cioè un quinto della lunghezza totale, il che forma colla
 » catena un angolo di 21 gradi e 48 minuti. Si vedono al di sotto tre
 » coppie di falsi puntoni *a a, a' a', a'' a''*, che terminano contro i falsi
 » monachi *P, P', P''*, contropinti essi stessi a due a due dalle false
 » chiavi *E E, E' E', E'' E''*. Tutti questi puntoni sono ritenuti sulla ca-
 » tena principale da doppi taloni; e tutto il sistema su questo punto è
 » legato ancora da quattro fascie di ferro *f', f', f'', f'''*, perpendicolari al
 » puntone, ben serrate con viti e dadi, e perfettamente accomodate sui
 » pezzi che debbono riunire.

» Il principale artificio di quest'armatura consiste nelle teste di
 » ghisa che coronano i monachi ed i falsi monachi, in guisa che i legni
 » che si controspingono non sono mai in contatto diretto (1). Vedesi
 » in *F*, figura 2, la proiezione di un falso monaco, composto di due
 » ascialloni pendenti, armato da una testa di ghisa veduta di sbieco
 » sulle sue due faccie in *E* ed in *G*. È da osservarsi che questo pezzo
 » di ghisa è penetrato da un foro *m*, per far passare una cavicchia
 » che porta a ciascuna parte una staffa forata inferiormente di ferro
 » battuto, le cui estremità ricevono altre cavicchie *g, g, g*, che attra-
 » versano i pezzi formanti gli ascialloni pendenti e che li legano alle

(1) Io credo che debba ammettersi per principio, che i legni lunghi non debbano mai diretta-
 mente o indirettamente, esercitare il loro sforzo di pressione contro altri pezzi di legno, non solo
 in piano, ma anche nel senso della lunghezza delle fibre. La compressibilità dei legni fa cedere la
 figura dell'armatura, il che spesso è espone d'un principio di rovin. Sono otto anni che nella co-
 struzione del ponte di Kamouci-Ostrow, composto di sette grandi arcate di legno, di cui quella
 di mezzo ha 84 piedi di apertura, erediti brasi per la prima volta di far posare gli archi di cer-
 chio ribassatissimi sopra scatole o suole di ghisa. Al disarmamento questi archi non si abbassarono per
 di una linea, e dacché il ponte è costruito non vi si è rimarcato il minimo abbassamento.

„ loro teste di ghisa. Queste staffe non hanno altro oggetto che quello
„ di sostenere gli ascialloni formanti i falsi monachi, in caso che la
„ ghisa avesse per combinazione qualche difetto inosservato che potesse
„ cagionarne la rottura.

„ La spinta delle false chiavi è sostenuta dai contraffissi H H,
„ H' H', H'' H'', la cui parte superiore si puntella contro le teste di
„ ghisa, e la parte inferiore si appoggia contro le suole di ghisa B', B',
„ che col mezzo di quattro caviglie serrano fortemente le doppie ca-
„ tene nei punti dei tagli a zig-zag.

„ Due di tali cavalletti distanti 14 piedi furono legati dagli ascial-
„ loni N, N, N, N, presso le teste dei falsi monachi e del gran monaco,
„ figura 1, ed anche colle croci di S. Andrea, figura 3. Furono posati
„ sopra tre ranghi di travi R, R, R, figura 1, elevate 5 piedi di terra
„ col mezzo di due muri in mattoni. Per assicurarsi dei movimenti che
„ potevano aver luogo nella forma della catena, si erano messi ad in-
„ tervalli de' regoli verticali graduati, ed applicati vicinissimi alla catena;
„ e certi fili verticali dovevano tener conto dei movimenti orizzontali.
„ Quando si furono levati i ponti e le armature poggiarono soltanto sulle
„ loro estremità, discesero nel mezzo, l'una tre pollici e l'altra tre
„ e mezzo.

„ Per l'esperienza bastava posare tavole mobili sulle catene per
„ ricevere i pesi che dovevano provarle. Feci caricare su queste tavole
„ 5,000 mattoni pesanti 1,000 *pouids* (33,000 libbre peso di marco) e
„ l'effetto fu quasi insensibile; 5,000 altri mattoni, serrandone tutte le
„ commesure, fecero abbassare di 9 in 10 linee la catena in modo ba-
„ stantemente uniforme, ma non permanente, perchè l'umidità e la
„ secchezza dell'arid, la facevano in certo modo oscillare fra i limiti
„ di due a tre linee.

„ Era duopo prevedere una circostanza relativa al clima; gli edi-
„ ficj a due pioventi situati ad Est ed Ovest, sono egualmente toccati
„ dalle nevi; ma le variazioni atmosferiche sono forti abbastanza, an-
„ che negl'inverni più rigidi, per diminuire considerevolmente quelle
„ del piovente a mezzodi, mentre le opposte, al Nord, si accumulano
„ senza diminuzione sensibile fino alla primavera. Per imitare questa ine-
„ guaglianza di carico sopra uno soltanto dei due pioventi, feci posarvi
„ sopra 5,000 mattoni e l'effetto fu impercettibile tanto agli indicatori
„ quanto ai fili verticali.

„ Feci allora aumentare il carico a 10 migliaia di mattoni ripartiti
 „ sul tetto e sul tavolato, e la freccia della catena di 12 pollici non
 „ era diminuita che 4 pollici e $\frac{1}{2}$, cioè le restavano ancora 4 pol-
 „ lici e $\frac{1}{2}$ sopra la linea orizzontale; ma le chiavi di legno di quercia
 „ cacciate a forza nei tagli a zig-zag e nelle doppie intaccature delle
 „ catene erano violentemente compressi e non avevano impedito che
 „ una trave strisciasse sull'altra, com'è indicato dalla figura 4. Le ca-
 „ vicchie verticali non potevano opporsi a quest'effetto orizzontale; era
 „ dunque in tal punto la parte veramente debole dell'armatura, e gin-
 „ dicando che l'esperienza corrispondeva altronde a tutte le condizioni
 „ desiderabili di solidità, rinunciai a schiacciarle sotto il peso come mi
 „ era proposto. Rimediai tosto allo strisciamento facendo intaccature al-
 „ ternative alle due travi della catena come si vede nella figura 5.

„ Questi due cavalletti adunque hanno portato, oltre il proprio
 „ peso e quello del tavolato, un carico di 5,000 *pounds*, (165,000 lib-
 „ bre, peso di marco), cioè 2,500 *pounds* per ciascheduno (82,500 lib-
 „ bre, peso di marco), il che è infinitamente più considerevole di quello
 „ del tetto e del tavolato, su quattordici piedi di lunghezza di coper-
 „ tura, e di tutto il peso della neve che si poteva prevedere dovesse
 „ portare. „

OSSERVAZIONI

Abbiamo veduto precedentemente che per massima, tre pezzi di legno possono bastare per comporre un cavalletto, ma che passate certe dimensioni la flessibilità dei legnami importava l'impiego di mezzi secondari per assicurare l'effetto di questa elementare disposizione.

In questo caso tutta la difficoltà consiste nel trovare nello spazio de' punti d'appoggio artificiali capaci di mantenere i legni nella direzione necessaria alla loro azione nel sistema. Nelle armature di cui trattasi, come in quella dei tetti antichi, l'autore prende questa forza alla estremità della catena, inscrivendo tre armature o specie di cavalletti nella prima, le spinte de' quali procurano tre punti di resistenza R, figura 1, nella lunghezza di ciascun puntone. Profitta quindi, sempre dietro lo stesso modello, dello sforzo di pressione che esercitano le false chiavi contro i falsi puntoni per impegnare fra loro la testa dei falsi monachi formanti asciaioni e che scendono a sostenere la gran catena in sei punti della sua lunghezza.

Frattanto, siccome avnto riguardo alla loro grandezza e direzione le false chiavi non oppongono in certo modo che una resistenza passiva allo sforzo dei falsi puntoni, ne risulta che la testa dei falsi monachi su cui riposa in gran parte tutto il giuoco del sistema d'armatura non sarebbe stata bastantemente trattenuta con questa maniera. Perè l'autore ha creduto dover aumentare la forza di pressione col mezzo di contraffissi diretti in senso contrario ai falsi puntoni, e che formano con essi altrettanti piccioli cavalletti particolari. Rendendo giustizia al merito di una combinazione di cui l'esperienza ha provato pienamente la solidità, crediamo di non poter dispensarci dal fare in questo luogo l'osservazione che ci ha fatto nascere l'esame di essa.

È evidente che in questo sistema la rettitudine delle inclinazioni si trova patentemente conservata su tutti i punti dalla spinta dei falsi puntoni contro le false chiavi; ma riguardo ai falsi monachi che debbono conservare le chiavi e le false chiavi nella loro direzione, non si può dissimulare che il carico di essi aumenta in ragione dell'elevazione del tetto, senza che la loro forza di resistenza riceva alcun accrescimento, e che il monaco, su cui si esercita lo sforzo più grande, è sospeso troppo debolmente dalla estremità dei puntoni che lo puntellano.

Richiamando ciò che abbiamo detto precedentemente circa all'impiego dei contraffissi, si riconoscerà facilmente che lo sforzo eh' essi esercitano in questo caso contro i falsi puntoni, è in ragione diretta del carico che cagionano alle chiavi ed alle false chiavi: eoa! risulta da questa disposizione che lo sforzo delle teste dei falsi monachi sotto il peso che hanno da sostenere si decompone in due forze, una delle quali si riporta sulle estremità della catena ove trova un solido appoggio; mentre l'altra si trasmette dai contraffissi fino sul monaco di cui sggrava ancora il carico. Invece di dirigere veruna azione sul mezzo, che è la parte più debole del sistema, sarebbe forse stato preferibile il cercare di procurare ad esso qualche appoggio fissando l'estremità dei contraffissi a quelle delle catene, lo sforzo del peso delle quali si trova riportato ai piedi del tetto, come vedesi indicato da C sulla figura 8.

I mozzi di ghisa nei quali penetrano i capi delle false chiavi, dei contraffissi e falsi puntoni, *come nell'occhio di un martello* (1) ci sembrano

(1) Un processo analogo è stato con successo impiegato nella composizione delle cerniere del ponte di Waterloo, di cui si è parlato nel Capo II, Sezione 3.^a di questo libro.

preferibili alle lamine di piombo proposte in casi simili da certi autori (1), come pure alle piastre di banda impiegate nel ponte di Sciaffusa (2): ma invece di formare con essa le teste degli ascialloni pendenti, che formano i falsi monachi, il che produce una massa di ferro d'un peso enorme, *a, b, c*, figura 2, la cui solidità può essere sospetta, sarebbe stato meglio ridurre quest'apparecchio ad una semplice scatola *d*, compresa fra i detti ascialloni, che si sarebbero prolungati fin sopra i puntoni, come si vede in *F*, figura 8. Questo mezzo avrebbe non solo contribuito ad assicurare l'effetto del sistema ma anche ad aumentare la sua azione e la sua forza.

Sembra che presso gli antichi la lunghezza conosciuta dei più grandi alberi fosse considerata come il termine naturale della estensione di certe opere di legname e particolarmente dell'armatura dei tetti (3). L'idea di liberar l'arte da una condizione che spesso dovette restringere le sue imprese, e di supplire, per dir così, all'impotenza della materia per fornire dimensioni più grandi, dimostra ad evidenza i progressi dei moderni in questo genere. Nondimeno l'estensione del sistema dell'arte del Carpentiere fra gli antichi oltre i suoi dati primitivi, dovette incontrare nella forza sperimentata dei legnami, *sulla quale non si deve mai calcolare interamente*, dei limiti a cui la prudenza comandò di fermarsi, e il tetto della Sala d'esercizio a Mosca ci sembrò avvicinarsi affatto a quest'ultimo termine. In fatti al di là di questa dimensione si correva rischio di vedere dopo un certo tempo la resistenza della catena cedere sotto lo sforzo permanente dei puntoni. Perciò noi pensiamo che non si potrebbe giungere a coprire con sicurezza uno spazio più considerevole se non sostituendo ai puntoni de' cavalletti centine di legname, formate di pezzi sovrapposti, del genere di quelle del ponte d'Edisaw.

(1) Matheron Joume propone l'uso di lamine di piombo per congiungere i pezzi alla loro estremità, partendo delle travi armate.

C. Perrault consiglia lo stesso mezzo, in simile circostanza, nella sua Memoria sul ponte ad un solo arco, progettato sulla Senna innanzi a Sèvres.

(2) Vedi Cristiano de Mehel, Descrizione del ponte di Sciaffusa nell'opera già citata.

(3) Dopo la disfatta dei Persiani, Pericle impiegò gli alberi e le antenne dei loro navigli a formare il tetto dell'Odcon che fece costruire in Atene. (Vitruvio, Lib. V, Cap. IX).

La larghezza della Sala della basilica di Pano, costrutta da Vitruvio, era 60 piedi romani, corrispondenti a 55 piedi di Francia. (Vitruvio, Lib. V, Cap. 1).

La navata principale d'una antica basilica di San Pietro aveva 70 piedi, 10 pollici e 3 linee; quella di San Paolo fuori delle mura 73 piedi e 6 pollici di larghezza. La chiesa di Santa Sabina non ha che 42 piedi di larghezza fra le due file di colonne.

Questo mezzo, studiato convenientemente, offrirebbe la maggiore solidità in tutte le sue parti, e lo sforzo del sistema si troverebbe ripartito più uniformemente nel suo insieme.

Armatura del tetto di una gran sala d'esercizio progettata a Mosca, tratta dalla Raccolta di Kraft. (Parte 2.ª N.º 39)

Questo progetto di cui si è poc'anzi parlato nella nota alla pagina 127, è uno di quelli che furono presentati all'imperatore Paolo I al ritorno da' suoi viaggi. Questo monarca avea invitato gli artisti ad occuparsi di un progetto di tal Sala, a somiglianza di quella di Darmstadt che lo avea colpito, per essere costrutta a Mosca sopra un terreno di 1800 piedi di lunghezza sopra 290 di larghezza esteriore e di 220 internamente: questa Sala doveva essere circondata da una galleria per gli spettatori, e contenere le caldaje e tutti gli apparecchi necessari a scaldarla. Un progetto che riuniva tutte queste condizioni fu presentato da un carpentiere alemanno, ma non si diede corso a quest'impresa.

La figura 1 della Tavola CXV rappresenta la pianta di quest'edificio; la figura 2 l'elevazione esteriore d'una delle picciole faccie. La sezione trasversale sulla larghezza è espressa dalle figure 3 e 4, disegnate sopra una scala più grande, onde poter rappresentare l'armatura in tutti i suoi dettagli. Il tetto è a due piovanti con una gran lanterna nel mezzo per illuminarla internamente. I declivi sono nella proporzione del frontone, e non sono inclinati all'orizzonte che circa 19 gradi.

Il principale sostegno di ciascuna armatura è un arco di legno formato di tre ranghi di pezzi sovrapposti e commessi a denti, e trattiene con chiavi e bande di ferro. I puntoni che portano il tetto, come pure le grandi catene di quella Sala immensa sono sostenuti da forti scialloni pendenti, commessi pure a denti con chiodi e baude di ferro; e sono trattiene da grandi contraffissi *f* a croce di S. Andrea.

Non si può che applaudire alla giusta diffidenza che mise in guardia l'autorità contro ciò che poteva avere di seducente un tale progetto, in mezzo alle circostanze che lo aveano fatto nascere; infatti, benchè combinata con sufficiente industria, quest'armatura sarebbe stata certamente troppo debole per poter conservarsi. Considerando la portata straordinaria di quest'armatura, il suo carico e il peso proprio che va aumentando a misura che si allontana dai punti d'appoggio, in causa della

forma triangolare del tetto, si trova che una sola catena non potrebbe bastare per mantenere lo sforzo dell'arco immenso che farebbe il suo principale sostegno, non che quello del peso enorme da cui sarebbe caricato (sforzo che secondo il calcolo è più di 1200 migliaia di libbre) quantunque fossero eseguiti benissimo gli archi e le altre parti dell'armatura. Queste considerazioni ci hanno impegnato a proporre un'altra combinazione, figura 5, conformandoci agli stessi dati circa l'apparenza esteriore dell'edificio.

Da tutto ciò che si è detto precedentemente circa le armature di legname risulta che per riunire due punti più o meno distanti l'uno dall'altro, i mezzi dell'arte sono dovunque gli stessi, e che la qualità del servizio a cui l'opera è destinata decide sola del grado di forza che può convenirle.

Una centina o due puntoni bastano a comporre un'armatura fra due spalle; ma impiegati a formar il tetto di un edificio, questi due mezzi esigono il soccorso di un nuovo agente che completi il sistema, supplendo al difetto della resistenza dei muri. Tale in massima è tutto il meccanismo delle armature di legname, qualunque sieno d'altronde i mezzi secondari che l'uso di esse o la grandezza possono necessitare per assicurarne l'effetto. Così nell'esempio di cui trattasi, gli asciaioni pendenti, le falsi chiavi, i falsi puntoni, i contraffissi, i raddoppiamenti ecc. sembrano complicare il sistema senza che questi pezzi cangino in nulla la questione primitiva. In generale soltanto recando tutta l'attenzione a valutare la potenza delle disposizioni elementari, si può sperar di giungere alle combinazioni più semplici e più perfette.

D'altronde, riguardo alle disposizioni supplementarie ed ai dettagli d'esecuzione non esiste in questa figura un solo pezzo, una sola commessura, l'effetto e la forma della quale non siano stati descritti in qualche parte di questo libro; quindi crediamo superfluo il dare su ciò veruna spiegazione.

NOTA

SULLA COSTRUZIONE DELLA SALA D'ESERCIZIO A MOSCA

(Estratto della Memoria di M. Bétancourt.)

« **D**ietro le sperienze di cui si è reso conto (vedi pag. 129) si doveva aver tutta la confidenza nella solidità del tetto; ma diverse circostanze hanno contribuito a indebolirlo nella sua costruzione.

« 1.^o Aven dato ai monachi dei cavalletti, come più sopra si è veduto, la quinta parte della lunghezza delle catene, e tale rapporto m'era sembrato il più vantaggioso per dare all'armatura tutta la solidità che poteva desiderare, senza che il frontone fosse disagiata per la troppa altezza; ma per ottenere un po' più d'eleganza, si diede ad esso meno del sesto, il che aumentava considerabilmente la spinta orizzontale sulle catene (1).

« 2.^o Non potendo procurar legname bastantemente a far tutte le travi delle catene di una stessa lunghezza, fu forza accorciare gli spazi tra i falsi monachi e se ne misero nove invece di sette, come vedesi nella figura 7, Tavola CXIV. Questa costruzione non avea nulla di vizioso; ma avendo alternato otto di questi cavalletti fra gli altri, gli asciaioni orizzontali non potevano legarli in modo uniforme, il che doveva nuocere alla generale solidità del tetto.

« 3.^o Tanto per mancanza di tempo come di materiali non si fecero che trentadue cavalletti, trenta de' quali corrispondevano al centro di ciascuna colonna, distanti 18 piedi e 1 pollice, e i due estremi erano posati contro il muro del frontone. Questa distanza sarebbe stata soverchia anche per un tetto di mediocre larghezza.

« Due file di croci di S. Andrea puntellate contro i monachi, come pure tredici ranghi di asciaioni orizzontali impedivano lo storcimento nel senso della lunghezza della Sala.

« Appena i cavalletti furono eretti e legati sufficientemente da non temere alcun accidente diastrosio, si levarono i sostegni e si misurò

(1) Si sa che le forze che tendono all'allungamento di una catena sono, per una stessa larghezza, in ragione inversa dell'altezza del monaco.

„ la quantità di cui ciascuno si era abbassato. Abbiamo già osservato che le
 „ catene erano 12 pollici più alte nel mezzo che alle estremità. Nell'es-
 „ minarle si trovò che erano discese da 2 pollici fino a 6 e $\frac{1}{2}$, se-
 „ condo che i cavalletti erano stati più o men bene eseguiti, secondo
 „ che il legno era più o men secco, ecc. Il termine medio del loro
 „ abbassamento fu 4 pollici e $\frac{34}{100}$. Dopo questo primo movimento tutte
 „ le parti del tetto si sostennero nello stesso stato fino al mese d'aprile,
 „ verso la fine del quale era 4 pollici e $\frac{72}{100}$, cioè durante i cinque
 „ mesi d'inverno l'abbassamento medio delle catene non era stato più
 „ di mezzo pollice.

Accidente avvenuto a due cavalletti del tetto.

„ Per aver ragione dei movimenti che poteva fare il tetto si aveva
 „ la cura di fare frequenti livellazioni generali, ed il termine medio
 „ dell'abbassamento che alla fine d'aprile era 4 pollici e $\frac{72}{100}$, fu 5,97 alla
 „ fine di maggio, 6,97 alla fine di giugno, alla fine di luglio 8,02,
 „ alla fine d'agosto 8,10; e da quest'epoca in poi tutti i cavalletti si
 „ sostennero nella stessa posizione.

„ Si deve rimarcare che quest'abbassamento seguiva il grado di
 „ disseccamento dei legnami, una gran parte de'quali era stata tagliata e
 „ condotta sul fiume pochi giorni prima di metterli in opera; si sono
 „ dunque disseccati troppo rapidamente e si sono fessi considerevol-
 „ mente nel senso della lunghezza. La grande celerità nella costruzione
 „ dell'opera (cinque mesi) e la mancanza di scelto legname, costrinsero
 „ a prendere tutto ciò che si aveva alla mano: fra quattrocento carpen-
 „ tieri il cui solo stromento era l'ascia, non si aveva tempo di scegliere
 „ i più destri per confidar loro le commisure che esigevano più pre-
 „ cisione. In tal foga la stessa sorveglianza diveniva difficilissima: per-
 „ ciò nelle catene, le intaccature avevano dalle 3 linee fino ai 2 pollici;
 „ le carviechie ed i fori non erano meglio esatti; ma si doveva finire
 „ pel tempo che si era proposto.

„ Il primo giorno di luglio 1819, epoca dei più forti calori, si ri-
 „ marcò dalla livellazione che la catena del ventiquattresimo cavalletto
 „ era discesa nel suo mezzo quasi un pollice, il che richiamò l'atten-
 „ zione dell'ingegnere incaricato a sorvegliar l'edificio, che mise una guar-
 „ dia sul tetto ad osservarlo. In fatti due giorni dopo s'udì un gran

« fragore e si trovò che la catena a lato di un monaco era rotta nel suo mezzo e si era separata, lasciando un'apertura di tre quarti di pollice; eppure non era discesa che un pollice e i due cavalletti vicini avevano ceduto, l'uno tre quarti di pollice e l'altro un mezzo pollice. Vedesi nella figura 5 il modo onde questa catena si è spezzata.

« Il tetto rimase in questa posizione per cinque ore impiegate a preparare i puntelli tanto pel cavalletto rotto quanto pei due laterali che lo sostenevano colle croci di S. Andrea.

« Un esame attento ha fatto vedere che causa della rottura era stato un nodo grossissimo del legno, precisamente nel punto ove l'altra trave aveva il taglio a zig-zag, che inoltre la trave era fessa assai, e che la sola parte solida era forata dalle cavicchie.

« S. M. l'Imperatore avendomi ordinato di riparare l'accidente, feci sostenere il cavalletto spezzato nel luogo dei puntoni e evitare in seguito gli asciaioni orizzontali e verticali formanti i falsi monachi; e levate al basso le due travi rotte, la catena si rinserò di due pollici: si posarono le due nuove travi; si rialzò la catena di 4 pollici, e si rinserarono tutte le cavicchie; levati tutti i sostegni non si rimarcò verun abbassamento.

« Non sarà inutile osservare che nelle travi da me rimpiazzate ho fatto sopprimere il taglio a zig-zag e le ho fatte commettere com'è dimostrato nella figura 6, ove si vede che i due estremi a gomito in squadro della lamina di ferro battuto, messa dalla parte della commessura entrano a pollici nella trave.

« Un mese dopo avvenne lo stesso accidente alla nona armatura, prodotto esattamente dalla stessa causa; ed è stato riparato collo stesso metodo in meno di una settimana.

« Questi accidenti hanno provato in modo evidentissimo la bontà di questo sistema di armatura, di cui si potrebbero anche aumentar senza pericolo le dimensioni (1). Malgrado ciò, siccome l'esecuzione di essa era stata pochissimo accurata, ed esistono ancora de' pezzi difettosissimi, ho pregato Sua Maestà a permettermi di rifare il tetto prendendo il tempo e le precauzioni che esige una costruzione di questo genere. Allora si avvicineranno i cavalletti a 12 piedi di distanza, e non si avrà nulla a temere per la sua solidità. »

(1) Vedi ciò che si è detto a tale riguardo nella pagina 132.

CAPO QUARTO

DEI TETTI A SUPERFICIE CURVE.

I processi e le forme impiegate ad eseguire le prime opere di questo genere dovettero offrire (1) molta analogia colle costruzioni dell'architettura navale: si potrebbe anche asserire con qualche fondamento che da quest'ultim'arte quella di edificare prese tale nuovo sistema di armature. Infatti la carena dei navigli avea ricevuto la forma e il nome della testuggine (*χελύςμα, testudo*), assai prima che si parlasse nè dell'una nè dell'altra in veruna parte degli edifici (2). D'altronde la semplicità dell'architettura antica non lascia credere che i tetti a superficie curve sieno stati, come il più delle volte avviene fra i moderni, che vani simulacri di decorazione; è più naturale il credere che a guisa della famosa basilica di Vienza (3), la forma apparente di essi, fosse anche quella che terminava all'interno edifeio.

La costruzione dei tetti a superficie curve conservò lungo tempo tutta la semplicità che era nei modelli dai quali ebbe origine: solo nei secoli più vicini a noi i tetti di questo genere furono muniti all'esterno di capriate e accerchiature combinate in modo da sostenere i paradossi, le traverse, i travicelli ed altre curvature che formano l'andamento esteriore.

(1) Vedi più indietro alla pagina 78.

(2) Vedi Schœffer, *De Milina navali*, lib. I, Cap. VI. — R. Fabretti, *De Columna Trojani*, Cap. V.

(3) Edificata da Andrea Palladio. Questo grande architetto aveva una particolare predilezione per tal costruzione, come l'osserva Ottavio B. Scamozzi, nell'edizione pubblicata delle opere di lui, Vienza 1776. « I portici da cui è circondata sono di mia invenzione e non dubito che questo edifeio non sia paragonabile a quelli dell'antichità, e che non sia tenuto nel numero dei più grandi e belli che sieno stati costratti dai tempi antichi fino a noi, tanto per la grandezza e per gli ornamenti quanto per la maniera, essendo tutto di una pietra viva e durissima ». (Palladio, Libro III, Capo XX).

Dai tetti a superficie curve formati di tavole collegate le une sotto le altre.

Filiberth De Lorme, quell'abile architetto, pubblicò nel 1561 un'opera su questo modo di costruire i tetti, ch'ci dice di sua invenzione. Nondimeno esistono costruzioni di tal genere molto più antiche di questo architetto (1), e tali sono le cupole di S. Marco in Venezia, e molte altre che si trovano in questa città istessa, fra le quali merita speciale ricordo quella di Santa Maria della Salute.

Cupola della Chiesa di S. Marco a Venezia.

La figura 1 della Tavola CXVII rappresenta la sezione d'una delle cupole di quest'edificio, le quali non differiscono fra loro che pel diametro: tale sezione fa vedere l'armatura formante la cupola esterna e la volta emisferica al di sotto, che è in murazione laterizia.

La forma di queste cupole è rialzata, onde sono più apparenti all'esterno. La parte inferiore che è retta e cilindrica è formata da pali verticali, distanti due piedi circa da un mezzo all'altro, commessi inferiormente in un'accerchiatura circolare composta di pezzi di legno che si raddoppiano, e superiormente in un cerchio più piccolo disposto del pari.

La parte superiore, che è emisferica, è composta di curve fatte con forti tavole raddoppiate formanti i puntoni; distano fra loro al di sotto come i pali verticali e sono collegate lungo l'altezza da quattro ranghi di traverse nei quali sono commesse. L'esterno è munito di tavole rivestite di piombo con cordoni e sovrapposizioni ond'evitare le saldature.

Questa cupola è sormontata da una specie di lanterna d'una forma singolare: essa è sostenuta da colonne di legno accoppiate, riunite da arcate che portano una picciola cupola all'imperiale, terminata da una croce grandissima, la cui asta formante monaco, discende fino alla sommità della gran cupola.

(1) Serlio, contemporaneo di Filiberth de Lorme, riferisce nel Capo XLI del Libro VII del suo Trattato d'Architettura, che avendo incaricato da Francesco I di fare alcune riparazioni al palazzo di Tournelles, trovò delle volte fatte con curve di tavole ricoperte d'un intonaco durissimo di gesso, che costarono più di dugent'anni.

L'interno di essa eupola è munito di un'armatura indipendente da quella che ne forma la curvatura esterna, e sembra essere stata fatta posteriormente per fortificarla. Quest'armatura è composta di due ranghi di chiavi che s'inrociano al centro ad angolo retto e sono assiallate coi grandi pezzi posati a guisa di contraffissi per puntellare la sommità di queste cupole sotto la lanterna. Queste chiavi non posano già sull'armatura leggera che forma la curva esteriore, ma su pezzi di legno che partono dalla prima accechiatura, posati sui reni della eupola interna di marazione laterizia.

Nel centro ove s'inrociano le seconde chiavi, è stabilito un forte monaco corrispondente al superiore che è l'asta della croce. Quest'incrocciamento è sostenuto al di sotto da sei contraffissi che discendono fino sulla prima accechiatura. Su tal centro così consolidato, si sono posti dei pezzi inclinati in senso contrario che si riuniscono coi grandi contraffissi per sostenere la parte della eupola esterna ove posano le colonne della lanterna.

La disposizione di questi contraffissi a guisa di coni opposti, che si riuniscono sotto il mezzo della seconda chiave, ci sembra benissimo immaginato per sostenere il peso considerevole della lanterna. Sembra d'altronde che questo puntellamento non fosse eseguito che dopo la costruzione e quando la sommità della cupola ebbe piegato sotto il peso della lanterna (1). La grande lunghezza dei pezzi di legno che la compongono non la rende suscettibile di molta resistenza.

Questa cupola, che è la più considerevole, per la sua elevazione e per la grandezza della lanterna, è quella del centro; il suo diametro esteriore è 47 piedi e un pollice, e la sua altezza sopra la linea AB, 66 piedi e 4 pollici, senza comprendervi la croce.

Il diametro esteriore di quella della navata d'ingresso è 48 piedi, 1 pollice e 6 linee, e la sua altezza presa egualmente, piedi 58, pollici 10, e la lanterna è molto men considerevole.

Il diametro delle altre cupole varia da 40 piedi a 40 piedi e 6 pollici, e la loro altezza è circa piedi 35. In queste quattro eupole l'accechiatura formata dalla prima trave è soppressa.

La chiesa di S. Marco fu cominciata nel 976 e terminata nel 1085; perciò le armature di queste cupole possono avere 800 anni d'antichità.

(1) Nelle vite dei Pittori, Scultori ed Architetti di Giorgio Vasari, trovasi che Jacopo Sansovino fu quello che fece eseguire questi puntellamenti verso il 1530 sotto il principato di Andrea Gritti.

Cupola della Chiesa della Salute a Venezia edificata nel 1631.

Questa cupola è formata internamente da una volta emisferica in mattoni, indicata da AB nella sezione, figura 2, il cui diametro è piedi 65, pollici 6. Questa volta è trasforata alla sommità da un'apertura di circa 12 piedi di diametro; su cui si eleva una lanterna di legname rivestita di piombo. La curva esteriore di questa cupola è formata da centine composte di quattro grossezze di tavole le une collegate colle altre e unite insieme con chiodi. Queste curve indicate nell'alzata dalla lettera *d*, formano i puntoni grossi 5 pollici e 4 linee, distanti fra loro inferiormente pollici 21. Quate specie di puntoni che in tutti sono 96, posano sopra la cornice dell'attico, ove sono fermati in un'incavatura praticata nella cornice di pietra, e con un cerchio orizzontale formato da quattro grossezze di tavole inchiodate, marcato *b* sulla pianta, figura 2, N.° 2.

Queste curve si commettono al di sopra in una trave, marcata XV nella sezione, sostenuta da otto colonne posate intorno all'apertura della volta in mattoni.

Per fortificare la parte di cupola di legno intorno di questa trave si è riempito l'intervallo delle curve con tavole in coltello; il che forma una volta piena capace di portare le balaustate, le terrazze e gli otto speroni terminati da obelischi che servono di decorazione alla lanterna, indicati dalle parti di pianta, figure 3 e 4 colle cifre 5, 6 e 7, prese sulle linee EF, GH ed IK della sezione. Questa parte di cupola di legno è anche sostenuta da otto pali marcati CD e da una tramezza circolare marcata *f, g*, nella sezione, che poggiano sulle labbra rovesciate dell'apertura della volta in mattoni. Le curve di tavole formanti la volta esteriore sono trattenute al terzo della loro altezza, da un cerchio di ferro largo 4 pollici e 6 linee sopra 6 linee di spessore fermato da una caviglia sopra ciascuna curva. La copertura di questa cupola è di piombo posata sopra assicelle inchiodate sulle curve. Le commessure verticali sono ricoperte da pezzi di piombo formanti le coste saglienti sopra ciascuna curva, come vedesi indicato sulla parte di pianta N.° 4.

La parte N.° 8 della pianta, figura 5, rappresenta l'accreschiatura della picciola cupola che copre la lanterna.

I numeri 9 e 10 indicano le centine di tavole che formano la curvatura di questa cupola. Il N.° 11 indica la copertura in piombo colle

coste sulle commessure verticali corrispondenti a ciascuna curva come nella cupola grande. Questa lanterna è terminata da una statua di Maria Vergine. I dettagli di questa cupola furono inviati a Soufflot nel 1775 da M. Raimond architetto e membro dell'Istituto. Nel 1783 li ho verificati durante il mio soggiorno in Venezia e li ho trovati esatissimi (1).

(1) Quando M. Soufflot ricevette questi dettagli, m'incaricò di fare un parallelo di quest'armatura con quella della cupola degli Invalidi, i cui dettagli si trovano nella Tavola CXXIII, e che io ritrovai a tale scopo. Avendo misurato esattamente tutti i pezzi di legno componenti queste due cupole, ho trovato che la quantità di legname impiegato nella cupola degli Invalidi era 19457 piedi cubici, o 6184 pezzi, e quello impiegato nella cupola della Salute di Venezia, piedi cubici 4108 o 1369 pezzi.

Considerando quindi che a combinazione eguale la quantità di legno dovrebbe essere proporzionale alla superficie della sezione di queste cupole che rappresentasse una delle armature principali, ho trovato che il diametro esterno della cupola degli Invalidi al basso era di 84 piedi sopra 53 di altezza, dal di sopra del nocciolo dell'attico fino alla prima accorchatura della lanterna. L'altezza di questa è 45 piedi dal vertice della cupola fino alla base dell'obelisco che sostiene la croce, sopra una larghezza media di 31 piedi; il che dà per la superficie della sezione, piedi quadrati 4180.

La cupola della chiesa della Salute ha inferiormente 75 piedi e 6 pollici di diametro sopra 38 piedi di altezza. La superficie della sezione, compresi la lanterna, che ha 37 piedi di altezza fin sotto al peduccio che porta la statua della B. V., è 2908 piedi quadrati: ciò posto se prendessi per primo termine di confronto l'armatura della cupola degli Invalidi, si avrà 4180:6184::2908 sta ad un quarto termine, che darà per la cupola della Salute 4510 pezzi di legno invece di 13691 perciò cost sistema adottato per questa cupola si sono risparmiati 3141 pezzi di legname che avrebbero aggravato l'edificio d'un peso di più di seicento migliaia di libbre.

Ma se per primo termine della proporzione si prende l'armatura della cupola della Salute, si avrà 2908:1369::4180 sta ad un quarto termine, che darà per la cupola degli Invalidi un poco meno di 1968 pezzi invece di 6184; perciò adottando per questa cupola il sistema di quella della Salute si sarebbero risparmiati 4516 pezzi di legname che aggravano inutilmente tale edificio di un peso di quasi novecento migliaia di libbre. M. Soufflot desiderando conoscere l'economia che questo mezzo avrebbe potuto produrre sulla spesa fece il seguente dettaglio:

Ciascuna curva della cupola della Salute comprende una circonferenza di 50 piedi; sono esse composte di quattro grossezze di tavole di 16 linee ognuna, sopra 8 pollice e 6 linee di larghezza: adoperando tavole di abete lunghe 12 piedi ne occorrerebbero 17 per ogni curva, e per curve 96. 1639

Per le tramezze circolari dietro le colonne della parte inferiore della lanterna . . . 126

Per le curve della cupola della lanterna . . . 54

Per le curve che le ritiene inferiormente . . . 6

Totale . . . 1946

La anticella che ricopre le curve e l'armatura di legname per la decorazione della lanterna, lungo 2 piedi e 1/3 sopra 6 pollici ridotti di larghezza, per la cupola grande . . . 2288

Per le colonnate . . . 73

Per le decorazioni della lanterna . . . 450

Per la copertura . . . 79

Totale . . . 2889

Sistema di Filiberto De Lorme.

Abbiamo fatto vedere che gran tempo prima di quest'architetto si erano costrutte curve con tavole inchiodate le une sulle altre per formarne volte o centine; ma egli fu il primo che le abbia applicate ai tetti a due pioventi, e che abbia immaginato di collegar queste curve coi legami che le attraversano serrandole con chiavi per contenerlo e procurar loro maggiore solidità. I dettagli che ne dà nel suo libro intitolato = *Nuove invenzioni per ben edificare con picciola spesa*, pubblicato nel 1561 sono chiari, metodici e bene intesi; e sono anche applicabili alle volte, alle centinature ed ai tetti, e siccome il suo mezzo è uniforme, così basta un esempio solo per farlo intendere.

Formazione dei tetti a superficie curve (Tavola CXVIII).

Prima di tutto bisogna disegnare la curva che si vuole eseguire, e quindi vi si applica sopra il primo rango di tavole: se trattasi di un tetto che non debba far volta al di sotto, o di una centinatura, si poseranno le tavole sotto la curva descritta; se la volta non ha bisogno di essere estradossata si poseranno al di fuori in modo però che nell'uno

L'armatura, ridotta in pezzi di legno, produce 382 piedi ed 8 pollici.

EPILOGO

1946 tavole formanti insieme una superficie di tese 648 e 2/3 a franchi 24	L. 15608
382 arvicelle formanti una superficie di tese 309 e franchi 18	5400
381 pezzi e 2/3 a 10 franchi	3810
Spesa presuntiva dell'armatura della cupola della Salute	L. 24793

ancoa comprendersi i piombi per la copertura ed i rivestimenti.

Dividendo questa somma per la quantità dei 1946 pezzi che produce la totalità dei legnami ond'è composto, trovasi pel valore di ciascun pezzo, un poco più di 18 franchi; questo sarebbe anche il prezzo medio di ciascun pezzo per l'armatura della cupola degl'invalidi. Con i 648 pezzi di legname risultanti da quest'armatura, valutati a franchi 18 portano la spesa ad 116712 franchi. Ma si è testè trovato che se queste cupole fosse stata fatta col sistema di quella della Salute non avrebbe prodotto che 1968 pezzi, i quali, valutati al prezzo medio di franchi 18, darebbero una somma di 35424 franchi invece di 116712; e se in luogo di tavole di abete si fossero stimate queste curve con quattro grossezze di panconi di quercia di linee 18, collegati gli uni cogli altri e fermati con caviglie di ferro a vite, e che si fossero trattate queste curve nella loro altezza con ciolpe o sci ranghi di travese formanti cerchi composti di due ranghi di panconi grossi 4 pollici, collegati e riuniti come le curve verticali, questa cupola che avrebbe avuto la maggior solidità non sarebbe costata più di 50000 franchi, cioè meno della metà di quella che esiste.

e nell'altro caso si possa descrivere sopra di esse la curva che debbono formare, come si vede nelle figure 1 e 2. Se i tetti o le volte debbono essere curvi entro e fuori, è necessario che le tavole abbraccino le due curve disegnate onde poterle descrivere su queste tavole e scorniarle, come si vede nella figura 3.

Filiberto De Lorme fissa la lunghezza di queste tavole per ogni specie di curva a 4 piedi, ma noi crediamo, che quando la curva sia una semicirconferenza o un arco di cerchio di curvatura uniforme, non sia necessario restringersi rigorosamente a questa misura; è più utile prenderne una alquanto più o meno lunga che divida la curva in un numero qualunque di parti eguali. Questa lunghezza può anche variare ad ogni divisione, come nell'ellisse che è di curvatura non uniforme, onde le fibre delle tavole possano incrociarsi, il che procura maggiore rigidità alle curve e impedisce che le tavole si fendano. È facile vedere, figura 3, che ove è minore la curvatura sarà necessaria maggiore lunghezza per ottenere questo vantaggio, e che le tavole che debbono formare le parti AC, BD non hanno bisogno di tanta lunghezza come quelle del mezzo CD. Allobchè sarà stabilita la divisione che parrà più conveniente, si condurranno le perpendicolari alla curva per indicare le commessure delle tavole. E quando queste saranno bene accomodate se ne porrà sopra un secondo rango disposto in modo che le giunture delle tavole di questo cadano in mezzo a quelle del primo rango; perciò è necessario che le tavole delle estremità non sieno lunghe che la metà delle altre o che possano avere una lunghezza e mezzo, figura 5.

Accomodati questi due ranghi si riuniscono con cavicchie di legno indicate da punti nelle figure 1, 2 e 3. Si forcranno quindi le piaghe per ricevere i legami o barre di legno che le attraversano onde tener ferme le centine le une colle altre. Filiberto De Lorme dà a questi legami la grossezza delle tavole formanti le curve, e la larghezza di quattro volte lo spessore. Finalmente per procurare a quest'opera la maggiore stabilità, si perforano di piaghe tali legami da una parte e dall'altra della grossezza delle curve per farvi entrare a forza certe chiavi di legno grosse come i legami e larghe il doppio della grossezza; debbono poi esser lunghe quant'è la grossezza delle curve. Tutta questa disposizione è indicata dalle figure 5 e 6.

La pianta, figura 10, fa vedere che questi legami non sono continui nella lunghezza del tetto, ma non riuniscono che tre curve; nondimeno siccome ogni rango comincia e finisce ad una curva diversa, questa

disposizione equivale in parte ai legami continui specialmente quando il di sopra dev'essere tavolato per ricevere le tegole o le ardesie, od anche il di sotto per formare un soffitto. Serlio cita una volta in curve di tavole riunite da canne soltanto intonacate di gesso, che era solidissima ancora, sebbene costrutta già da trecent'anni; ed un'altra di eguale costruzione che avea resistito ad un violento incendio.

A nostro parere, invece di legami attraversanti le curve, sarebbe meglio applicarli superiormente e al di sotto incastrati a mezzo legno e inchiodati su ciascuna centina, figura 7; il che produrrebbe eguale solidità con minori incomodi e spese. D'altronde i legnami aumentando di volume nell'umidità e diminuendolo nella secchezza, i legami e le chiavi che si fanno entrare di forza nelle piaghe possono in tempo umido fare screpolare le tavole delle curve ed i legami, e rendere il loro insieme troppo rilasciato nel tempo asciutto.

Filiberto De Lorme impiegò quest'ultimo mezzo pel gran tetto del castello della *Muette*, che era di 10 tese largo in opera; ma è facile vedere dalle figure 6 ed 8 che avrebbe potuto sopprimere i legami che attraversano le curve.

Pei tetti del diametro di 4 tese il nostro autore fissa la larghezza delle tavole che ne formano le curve ad 8 pollici, e il loro spessore ad un pollice.

Per 6 tese dà alle tavole 10 pollici di larghezza sopra uno e mezzo di grossezza.

Per 10 tese egli fissa la larghezza delle tavole a 13 pollici con 2 di spessore.

Per 15 tese egli dà 2 pollici e mezzo di grossezza e 3 pollici per 18 tese.

Per stabilire questi tetti si formava a 3 piedi sotto la trabeazione dei muri di facciata una diminuzione della metà di loro grossezza sulla quale si posava una trave grossa 8 o 9 pollici. In essa si scavavano piaghe di 2 in 2 piedi per ricevere la base delle centine formanti i puntoni. Il prolungamento della superficie del tetto fino alla parete esterna del muro di facciata facevasi aggiungendo certi piedi di travicelli fermati a basso in un'incavatura praticata nella corsia della cornice come è espresso nella figura 9.

Le figure 4 e 5 della Tavola CXIX, indicano la maniera di descrivere le curve allungate per formare i saettii all'esterno e quelle che formano gli spigoli rientranti delle volte a schifo praticate al di sotto.

Le figure 1, 2 e 3 rappresentano i profili del tetto proposti da Filiberto De Lorme per rispondere alle obbiezioni che gli si erano fatte sulla difficoltà di ben coprire con tegole o ardesie comuni i tetti a semicerchio.

OSSERVAZIONE

Se si considera che i legni segati in tavole costano il doppio dei legnami da armature, e che la formazione dello curvo, dei legami, e delle chiavi colle posature e perforamenti dello piaghe costa almeno il doppio della fattura delle armature comuni, si troverà che non vi è economia nel preferire i tetti di tavole a quelli in tronchi di legname più solidi e durevoli, e meno pericolosi in casi d'incendio. In un gran numero di edifici anteriori a Filiberto De Lorme esistono i tetti di travicelli grossi 4 o 5 pollici fortificati al di sotto da legami curvati in forma di volta, che sono ancora in buono stato e solidissimi (1).

(1) M. Lacaze, appaltatore d'opere in legname a Parigi, ha trovato un mezzo abbastanza ingegnoso di formar le curve per tetti con travi di 5 in 7 pollici di grossezza, legati in due o commessi a zigzag. Queste curve formanti una crestinatura gotica sono riunite da traverse e legami. Questo nuovo mezzo riunisce tutti i vantaggi del metodo di Filiberto De Lorme con minore spesa.

Applicazione del metodo di M. Lacaze ad un tetto largo 30 piedi esternamente (Tavola CXX).

Condotta la linea di base AB, figura 1, si porterà sulla perpendicolare elevata dal suo mezzo, la metà della larghezza presa al di fuori, e si condurranno le linee AD, DB; su ciascuna di si alzerà una perpendicolare eguale alla settima parte di queste linee, e si farà passare un arco di cerchio per tre punti D, E, B, di cui si troverà il centro elevando nel mezzo della corda DE una perpendicolare indefinita che incontri quella di mezzo della linea BD prolungata, in un punto G che sarà il centro cercato.

Le figure 2, 3 e 4 indicano il modo di fare sulla grossezza il taglio a zigzag, serrato con chiodi, per la commessura dei pezzi formanti le curve colle estremità dei manchi sulla larghezza che impediscano ad essi di variare.

Queste curve che sono larghe 5 pollici con 2 e $\frac{1}{2}$ di spessore, sono distanti a piedi e $\frac{1}{2}$ o riunite da traverse intercalate a metà legno, situate a 5 piedi di distanza l'una dall'altra; gli spazi formati dall'intersezione delle traverse e delle curve sono solidificati da traverse e false curve onde servano di sostegno alla pancia della trave interna dell'esperto, ed all'ignea per l'intenore di grosso; il che procura a tale sistema, che ho veduto eseguito, una grande solidità.

Le figure 5, 6, 7 ed 8 fanno vedere i dettagli della commessura delle traverse, dei legnami e delle false curve, radiate in pianta dalla figura 8.

È evidente che per una maggior larghezza di tetto converrebbe dare alle curve maggior larghezza e spessore. In generale per questo process come per quello di Filiberto De Lorme fa duopo che lo spessore delle curve sia di tante linee quanti piedi ha il tetto di larghezza, sopra una larghezza doppia; così per un tetto a due declivi legno 48 piedi, al di fuori, converrebbe che lo spessore delle curve fosse di 48 linee o quattro pollici su pollici 8 di larghezza.

Tetti a superficie curve composti di capriate di legname grosso.

La figura 1 della Tavola CXXI presenta una combinazione di capriate per una cupola tratta dall'Arte del Carpentiere di Mathurin Jousse.

Quest'armatura forma all'interno una volta sferica; esternamente la cupola è sormontata da una lanterna penetrata da otto arcate, coronata da un cupolino composto di otto curve riunite in un monaco a chiave pendente nell'interno ed a guglia al di fuori.

L'armatura della cupola è formata di otto semi-capriate che si congiungono nelle pile della lanterna che ad esse servono di monachi; sono esse fra loro riunite da legami curvi nei quali si uniscono i travicelli che devono formare le superficie curve della cupola e della volta; questa combinazione modificata, figura 2, può convenire per una cupola di 36 o 40 piedi di diametro.

La figura 3 indica la proiezione in pianta.

Le figure 4 e 5 della stessa Tavola rappresentano una combinazione di armature tratta dall'opera di Nicolò Fourneau (parte 3.^a Tavola L); essa è fatta per una cupola di circa 40 piedi di diametro. Tale armatura è formata di due grandi capriate simili che s'incrociano nel mezzo ad angoli retti, e di otto altre capriate intermedie che possono essere meno complicate; queste ultime si comettono nelle pile formanti il fondamento della lanterna terminata da un peduccio sopra il quale s'innalza una freccia.

Quest'armatura molto più complicata che la precedente, è visibilmente imitata da quella della cupola degli Invalidi, Tavola CXXIII: nondimeno benchè la composizione delle grandi capriate sia presso a poco eguale a quest'ultima, essa presenta più leggerezza nel suo insieme.

L'autore fra le altre modificazioni ha creduto di poter sopprimere in tali capriate gli ascialloni M, che nella cupola degli Invalidi uniscono fortemente il piede delle gambe di forza coll'asticciuola e le pile che sostengono la lanterna; ma siccome parve temere che in conseguenza di tale soppressione queste non poggiassero sul vuoto, raccomanda di tenere le gambe di forza AB meno inclinate che sia possibile.

Si procurerebbe a tali coperti una solidità anche maggiore con mezzi che si indicano nel Libro nono parlando dello spruozzo delle volte, mandando tale larghezza di 6 pollici che verso il mezzo della larghezza della curva, e riducendola a 6 pollici alla sommità e portandola a 10 inferiormente, come vedesi rappresentata dalla figura 9.

Questa osservazione svela poca intelligenza nell'arte di combinare le armature; perchè da una parte diminuendo l'inclinazione delle gambe di forza, il sistema perderebbe molto della sua stabilità; in secondo luogo sarebbe possibile il combinare la prima accechiatura in modo da poter resistere allo allontanamento delle gambe di forza. Nondimeno, siccome la prima accechiatura si compone di un gran numero di commessioni, il che la rende suscettibile di cedere nei punti ove si esercitassero i maggiori sforzi, noi crediamo che gli ascialloni in quistione agirebbero in tal caso in un modo più immediato e potente.

D'altronde l'autore è ben lungi dall'aver ricavato tutto il partito che la disposizione dei luoghi poteva offrire alla formazione dell'armatura. La figura 6 presenta sullo stesso soggetto una combinazione assai più semplice e più solida.

L'armatura rappresentata dalle figure 1 e 2 della Tavola CXXII, è tratta dalla Raccolta di Kraft, Parte 2.^a Tavola 70. Questa combinazione è di Stierme di cui si è poc'anzi parlato; essa è fatta per una cupola del diametro di 58 piedi con 32 di altezza.

Vedesi che tale armatura è composta di due capriate principali che s'incrociano nel mezzo, come nell'esempio precedente, e di dodici semicapriate intermedie che si rannisono all'accechiatura che porta la lanterna.

Sopra una metà della grande capriata, figura 1, si vedono delle linee di operazione punteggiate che indicano il metodo seguito da Stierme nel combinare i pezzi che compongono questa capriata. Noi tenteremo di supplire alla spiegazione incompleta che trovasi nella Raccolta di Kraft.

Sembra che Stierme cominci dal fare un quadrato ABCD coll'altezza determinata AB.

L'intersezione delle diagonali di questo quadrato gli danno il raggio Ag della cupola interna ch'egli fa perfettamente emisferica.

L'altezza della parte inferiore dell'asticciuola SR della seconda accechiatura è determinata dalla orizzontale Sk condotta dal punto ove la verticale bk incontra la linea AC.

Il puntone V col dissopra si dirige al punto e, metà di CD.

La posizione del doppio puntone V' che gli è parallelo, è determinata dalla diagonale Am nel punto ove taglia l'asticciuola.

Le gambe di forza sono tangenti alla curva della cupola interna; esse sono collegate coll'asticciuola SR da due puntoni, il maggiore dei quali, segnato T, è pure tangente alla curva della cupola interna.

I travicelli, formanti l'andamento esterno della cupola, sono riuniti da cinque ranghi di legami, indipendentemente dalla trave inferiore e dalla superiore, che forma l'accerchiatura per stabilire la lanterna. La parte inferiore della curva corrispondente alle gambe di forza è sostenuta da due traverse commesse per un capo alla curva e coll'altro nella gamba di forza.

I travicelli o curve formanti la superficie della cupola interna sono trattenuti da cinque ranghi di legami, compresa la trave.

Una metà della pianta di questa cupola indica delle curve di tavole invece di travicelli, per formare l'andamento esterno e la superficie della volta interna; ma noi abbiamo già veduto che questa disposizione, la quale formerebbe un'opera meno solida, non produrrebbe molta economia.

L'altezza della lanterna fino alla sua trabeazione è determinata dalla diagonale *em*, prolungata fino alla linea di mezzo. Il peduccio e la specie di pero, che servono di acroterio a questa lanterna, non farebbero buon effetto. Del resto, la combinazione dei pezzi di legno che formano quest'armatura, benché abbastanza bene intesa, non offre tutta la solidità necessaria alle opere di questo genere.

Cupola di Val-de-Grâce.

L'armatura di questa cupola è rappresentata dalle figure 1 alla 9 della Tavola CXXIII, colle diverse accerchiature che servono a collegare le sedici semiarmature che sostengono i puntoni e i paradossi formanti la curvatura esteriore di essa.

La figura 1 fa vedere la combinazione delle quattro grandi mezze armature che s'incrociano al centro.

La grande accerchiatura inferiore, indicata dalla linea AB nella sezione, è espressa dalla figura 2.

La seconda accerchiatura, indicata dalla linea CD, è rappresentata dalla figura 3.

La figura 4 indica la terza accerchiatura corrispondente alla linea EF della sezione.

La quarta accerchiatura, figura 5, corrisponde alla linea GH della sezione.

La quinta accerchiatura, corrispondente alla linea KI della sezione, è indicata dalla figura 6.

La sesta, corrispondente ad LM, dalla figura 7.

La settima, corrispondente ad NO, dalla figura 8.

L'ottava, corrispondente a PQ, dalla figura 9.

Cupola degl'Invalidi.

La forma della cupola esteriore è fatta come quella di S. Paolo di Londra, costrutta in legname presso a poco nell'epoca stessa, ma essa è molto più pesante. La sua prima accerchiatura, figura 11, Tavola CXXXIII, posa sopra un massiccio stabilito sui reni della seconda volta esteriore. Questo sistema è composto di due grandi armature A, figure 10 e 12, che s'inrociano al centro ov' hanno un monaco comune: fra queste armature, che formano in pianta quattro angoli retti, sono otto principali mezze armature B, figura 12, e ventiquattro picciole C, figura 11; tutte queste armature sono riunite da quattro accerchiature marcate 1, 2, 3 e 4, sulla figura 10, e trattenute da scialloni. La lanterna, che è pur di legname, è stabilita sopra l'ultima di esse accerchiature: si compone di uno stilobato su cui s'innesta il corpo della lanterna traforato da quattro arcale con avancorpi ornati di colonne accoppiate e di figure; sopra vi esiste un acroterio in forma di peduccio che serve di sottobase all'obelisco portante la croce (1).

Crediamo inutile dare maggiori spiegazioni su questi due ultimi esempi, de' quali è facile apprezzare i vantaggi ed i difetti, dopo tutto ciò che in questo Capo si è detto sulle costruzioni di questo genere.

(1) Nel lavoro *Sulla costruzione della cupola più rimarchevole*, di cui sono stato incaricato da Germain Soufflot, che meditava allora la costruzione di quella di Santa Genesieffa, ho trovata col calcolo, che il peso di questo sistema di legname era tanto considerevole (a ragione della moltitudine e della grossezza dei pezzi impiegativi) come quello che produrrebbe la costruzione di una cupola di pietra. Quest'ultima maniera, benchè più solida e durevole, non sarebbe già stata di maggior conto; ma in quel tempo si ardiva meno nelle costruzioni, e non si avrebbe mai osato stabilire un'opera simile sul tamburo della cupola, benchè sia grosso il doppio di quello che porta la cupola di Santa Genesieffa. Germain Soufflot che pure aveva pensato di farla di legname si arrestò a queste considerazioni. Riconobbe anche che il sistema ch'ei proponeva satisficherebbe di troppo il movimento del tamburo ed i suoi punti d'appoggio in caso della serichialamento di cui sono capaci simili opere, e del rilanciamento delle connesure nei tempi secchi. Quando una cupola di legname è terminata da una lanterna costrutta in egual modo, allorchè soffiano venti impetuosi, avviene che lo sforzo contro tale lanterna, forzando leva, agisce con tanta forza che produce un conqasso generale in tutta l'armatura, che si comunica al tamburo della cupola. Io ho avuto occasione di vedere quest'effetto facendo i disegni di tale sistema. (*Estratto dalla Descrizione storica e grafica della nuova chiesa di Santa Genesieffa, che deve pubblicarsi dopo quest'opera*).

SEZIONE TERZA

PRINCIPJ DELLE COSTRUZIONI AUSILIARIE DI LEGNAME

CAPO PRIMO

DEI PALCHI

I palchi sono formati di pezzi di legno tagliati espressamente per la costruzione dei grandi edifici, per innalzare enormi pesi, per formare vasti anfiteatri proprj alle feste, alle cerimonie pubbliche, ed altri stabilimenti che non richiegono una costruzione permanente. Sono essi d'ordinario composti di uno o più ranghi di pali commessi in travi, fortificati da legami, contraffissi e croci di S. Andrea; e da traverse disposte in ragione del grado di solidità che esige l'oggetto della loro destinazione. Si fanno pure dei palchi mobili e volanti o pensili, per eseguire le opere d'intonaco e di ristauo ai muri ed alle volte dei grandi edifici.

*Palchi che hanno servito alla costruzione della nuova Chiesa
di Santa Genevieffa (Tavole CXXIV e CXXV).*

Siccome le volte sferiche si compongono di corone di peducci che da sè si sostengono appena sono complete, così le centinature non hanno che una di queste corone, meno un peduccio, da sostenere, il che non esige una gran forza; e perciò si sono impiegati i palchi per formare le centine delle tre grandi volte ond'è composta questa cupola (1). Quello della gran cupola esterna è indicato dalle lettere a, b, c, d, e;

(1) Fu detta l'esperienza su tale proprietà da noi acquistata al momento della costruzione di queste volte, che abbiamo fondata la nostra proposizione di non instabile che palchi leggeri nell'estremità a misura che progrediva l'ascensione, per portare gli equipaggi e gli operai destinati alla pittura, nella nostra Memoria sulla ricostruzione della cupola del Mercato dei grani di Parigi, parlando della volta in pietra di taglio.

quello della eupola intermedia da *f, g, h, i, k, l, m*; quello della eupola interna, aperta alla sua sommità, con *o, p, q, r*. Tavola CXXIV. Vedesi che tali centinaiture non sono formate che da travi inclinati che sostengono le travi orizzontali ad 8 in 10 piedi di distanza, per servire da palchi, contropinti da pezzi messi a guisa di contraffissi o diagonalmente.

La figura 1 della Tavola CXXV rappresenta la pianta dell'accerchiatura posata all'origine della cupola esterna; essa era comune alle centine della eupola esterna e dell'intermedia. Le lettere *s, t, u, v* indicano semicavalletti che non fanno parte della grande armatura.

Il piano principale del gran paleo formava una superficie di 754 tese elevato a 124 piedi sopra il piano interno della chiesa. Essò era sostenuto nel mezzo, corrispondente all'interno della eupola, da quattro grandi cavalletti che s'inerociavano al centro, ove formavano un vuoto quadrato pel servizio di un tornio impiegato a far salire le pietre. Ciascuno di questi cavalletti era composto, dalla parte interna della eupola, dalle gambe di forza *AB, CD*, Tavola CXXIV, figure 1 e 2, e dai contraffissi *EF, GH*, trattenuti nella loro lunghezza da un assiallone *IK*.

La trave superiore era fortificata inoltre nel suo mezzo da due raddoppiamenti che ne triplicavano la grossezza nel punto ove posava il tornio *L*, i quali raddoppiamenti erano sostenuti dai contraffissi.

Le gambe di forza poggiavano sullo sporto della cornice dei pennacchi e sulle riseghe fra le colonne dell'interno della eupola.

Questa trave, continuata dal lato esterno mediante commessure a zig-zag, era sostenuta alle sue estremità con un trave *M* poggiato sullo sporto della cornice della prima sottobase; e da tre contraffissi a guisa di traverse *N, O, P*, commessi nelle due travi: essi erano trattenuti da un assiallone *Q* che riuniva questa parte del palco esteriore al palco interno della eupola, abbracciando le gambe di forza *AB* e *CD*.

Al centro di questo palco, indipendentemente da quattro armature interne della eupola, vi erano quattro altre semiarmature a diagonale, indicate nella figura 2 della Tavola CXXIV, colle lettere *S, S, R, T*, e ciascuna composta da una gamba di forza *R*, da due contraffissi *S, S*, e da una traversa *T*, sostenendo una trave che si prolunga per formare con altre *VV, OO, XX, YY*, figura 2, Tavola CXXV, parti di palco in isportò sopra i quattro angoli rientranti dei muri esteriori della chiesa prima dei solievi. — Queste travi erano sostenute al di sotto con travi

che con altre formavano tre piani di palchi trattenuti e controspinti da sollevi, contraffissi e traverse, figura 2, Tavola CXXV.

All'estremità di ciascuna di queste parti di palco era un foro di servizio con un tornio marcato Z, che serviva ad innalzare dall'esterno le pietre e gli altri materiali.

La parte superiore di questo gran palco era munita di forti travi fermati sulle travi grosse e di panconi inchiodati sui primi, il che procurava al pavimento formato da questo palco abbastanza solidità per potervi rotolar sopra e deporre le pietre, i legnami, e gli altri materiali necessarj alla costruzione.

Sopra questo gran palco se ne elevava un altro di 42 piedi, composto di tre piani, sostenuto da pali formanti la continuazione degl'inferior, trattenuto del pari da sollevi, contraffissi e doppie traverse. La parte superiore di questo secondo palco era munita come quella del primo, e serviva di secondo deposito per la costruzione dell'attico e della gran cupola esterna.

Sui quattro avancorpi di questo palco, si erano stabilite quattro grue di nuova invenzione, da me immaginate per operare la posatura, e di cui si troverà la descrizione nel Capo II, sezione 2.^a del Libro Nono, che tratta delle macchine per la costruzione degli edifici.

Palchi mobili.

I palchi mobili sono quelli che si possono far girare belli e montati per le operazioni che si devono fare successivamente sulle pareti o nelle parti elevate dei grandi edifici. I più comuni sono quelli costrutti a guisa di torri (castelli) sopra ruote o cilindri, in modo da poter essere spinti o tirati semplicemente da uomini o da animali, col mezzo di argani o di qualunque altra macchina.

Uno dei più rimarchevoli in questo genere è quello che fu immaginato nel 1773 da Pietro Albertini soprastante o capo degli operaj della fabbrica di S. Pietro di Roma per restaurare gli ornamenti e la doratura della grande navata di quest'edificio: Questo palco, che posava sullo sporto della cornice interna, era disposto in modo che si poteva far andare da un capo all'altro della navata col mezzo di taglie ed argani.

Era esso una specie di centina a commessioni, del diametro di 75 piedi, composto di due armature formate da una combinazione di

catene e pontoni che nel concatenarsi, presentavano poligoni inscritti gli uni negli altri. Queste armature posate alla distanza di piedi 18 l'una dall'altra; erano riunite da traverse fortificate da croci di S. Andrea, formanti undici piani, corrispondenti ad altrettanti punti della circonferenza della volta, facilitando così il lavoro in tutta l'estensione di essa. I disegni di questo palco sono stati incisi in Roma a spese del Governo, e fanno parte della collezione della Calcografia Pontificia.

Palchi volanti.

Il palco mobile, eseguito nel 1756, per ristaurare la cupola del Pantheon di Roma, e il cui disegno si trova nella seconda parte dell'opera di Francesco Piranesi sui templi antichi di quella città, può considerarsi come una delle più ardite ed ingegnose invenzioni. Era composto di due semiarmature riunite, formanti un quarto di cerchio; l'estremità inferiore di questa macchina poggiava interamente sullo sporto della cornice dell'attico, di soli 30 pollici: l'altra estremità era ritenuta attorno ad un monaco arrotondato, che passava fra le due armature, e fissato al centro dell'apertura che illumina quest'edificio, col mezzo di un'acceleratura semplicissima. Girando questo quarto di cerchio, come la gamba di un compasso, sulla cornice che gli serviva di appoggio, si potevano successivamente tutti i punti della superficie della volta. Un palco dello stesso genere, ma molto più complicato, fu pure eseguito nel 1773 per riparare la cupola di S. Pietro, ed anche l'incisione di quest'ultimo fa parte della collezione della Calcografia Pontificia.

CAPO SECONDO

DELLE CENTINATURE.

La composizione di legname più semplice e più naturale per sostenere la muratura delle volte fino alla posatura della chiave, quella che ha dovuto esser messa in pratica la prima, è, senza contraddizione, la centinatura che poggia sul fondo, formata di pezzi arcuati sovrapposti a sostegni verticali, distribuiti ad eguali distanze, come *ordinate* della curva; figura 1, Tavola CXXVI. In seguito, la difficoltà di trovar sufficiente resistenza nel suolo, l'elevazione a cui si trovavano situate le volte, o finalmente, come avviene nei ponti, il bisogno di lasciar libera la navigazione, costrinsero l'arte a supplire a queste disposizioni primitive con artificiose combinazioni. Tali sono molto verisimilmente le circostanze che diedero luogo all'invenzione delle centinature composte di armature, non aventi altro appoggio che alle estremità.

Nell'impossibilità di opporre la più diretta resistenza all'azione del peso delle volte, fino a che sono interamente compiute, si dovette naturalmente portare l'attenzione sulle costruzioni stesse che dovevano sostenerle, ed ivi cercare altri punti più solidi di sostegno. Un'armatura composta di una catena e due puntoni, figura 2, fu certamente la prima combinazione che lo stato delle cose abbia fatto nascere; e considerato il termine a cui si sono circoscritti gli antichi nella grandezza degli archi e delle volte (60 a 75 piedi), e la potenza de' mezzi che d'altronde hanno spiegato in tutte le occasioni, si può aver fondamento di credere che questo sistema primitivo, modificato in ragione dell'estensione dello spazio, figure 3 e 4, e della specie di costruzione, divenisse il tipo di tutte le centinature di questo genere. Del resto, quando si consideri che la forma dei loro archi e delle loro volte fu costantemente quella di una semicirconferenza di cerchio, si concepisce che non hanno toccato mai i limiti della resistenza dei legni combinati in questo modo.

Queste centinature nelle quali si ritrovava tutta la solidità delle centinature fisse avevano pure sovr'esse il vantaggio di poter essere

stabile in tutti i luoghi, e montate e smontate in seguito con molta prontezza e facilità. D'altronde, ogniquale volta i piedritti presentavano sufficiente stabilità per resistere allo sforzo di spostamento che i puntoni esercitavano contra essi o contro gli archi dei ponti, dovette essere soppressa la catena come inutile. Tale, in mancanza di ogni tradizione su questo riguardo, è l'opinione che si può formare sulla composizione delle centinature impiegate dagli antichi alla costruzione delle volte, alla quale il sistema delle armature dei loro tetti da una parte, e dall'altra le pietre aglienti e le immorsature nell'intradosso del ponte Cestio a Roma, e del Gard a Nîmes, figure 6 e 7, prestano un certo grado di probabilità.

Se l'antien Roma aveva offerto le prime e più importanti opere in questo genere, fu pure in questa città che si vide comparire nei tempi moderni, nella costruzione delle volte di S. Pietro, il più considerabile modello di centinatura. Questa bella composizione, figura 8, la cui invenzione è attribuita ad Antonio di S. Gallo (1) e messa in pratica da Michelangelo, è stata riguardata dappoi come tale da servir di regola, ed impiegata con successo in molte circostanze, e principalmente nella costruzione dei ponti (2).

Nondimeno la combinazione delle centinature di legname sulle ancora numerose variazioni. Il calcolo più accurato della forza dei legni fece nascere un nuovo sistema, più dritto, meno dispendioso, e che sembrò dapprima meglio appropriato al grado d'importanza che conviene accordar in generale alle costruzioni temporarie. Fra i saggi diversi che furono tentati, il vantaggio rimase per ultimo alle centinature, dette ripiegate, formate di poligoni inscritti nella curvatura della volta, figura 10, col mezzo di pezzi di medioere grandezza che si spingono per le loro estremità e trasmettono dall'una all'altra lo sforzo fin sotto le pile o sotto le spalle.

Mansard è ritenuto inventore di questo sistema, di cui fece l'applicazione al ponte che costruì a Moulins, nel 1706; ma si potrebbe con giustizia attribuirne l'idea prima a Claudio Perrault che ne aveva proposto l'impiego qualche anno avanti pel ponte di legno sulla Senna innanzi alle due Sèvres.

(1) Vedi *Historia templi Vaticani*, del Padre Bonanni, Capo XII.

(2) Vedi *Templum Vaticanum et ipsius origo*, di C. Fontana, lib. V, Cap. XXV. — *Mémoire dell'Accademia delle Scienze per l'anno 1706*. — *Architettura Idraulica di Belidor*, Tomo II, libro IV, Cap. XI.

Dopo che il sistema delle centinature ripiegate fu sottomesso dal dotto Perneton ad uno studio profondo, l'opinione di questo celebre ingegnere fece prevalere fino a questi ultimi tempi questo mezzo a tutti gli altri. E vero che, malgrado la loro elasticità e la mobilità della loro forma sotto il carico dei peducci, l'impiego di esse per archi e volte di 60 a 70 piedi di diametro, può rigorosamente, avute le necessarie precauzioni, presentare tutta la desiderabile solidità; ma siccome tutte queste difficoltà importerebbero straordinarie disposizioni pel servizio delle costruzioni (1), si è venuto a conoscere che per gli archi maggiori di 60 o 70 piedi di apertura, le centinature che partono dal fondo debbono essere preferite ogniquale sia possibile lo stabilirle; e del pari, che al di qua di tal termine le centinature a due o tre puntoni offrono i più grandi vantaggi (2).

Quasi tutto ciò che abbiamo detto nella pag. 45 di questo libro, come pure nel capo IV della sezione precedente circa ai tetti il cui profilo è formato da linee curve, può applicarsi alle centinature.

Le curve, che servono a formare le loro superficie convesse, si dispongono parallelamente quando trattasi di formare superficie cilindriche o coniche; e per le superficie sferiche o sferoidiche come quelle delle cupole, esse debbono tendere al centro della curva della pianta.

(1) « Il ponte d'Orléans, condotto sopra centinature ripiegate, è il primo di cui si sappia positivamente come sono state eseguite le diverse parti della costruzione. I materiali erano avvicinati sopra un ponte di servizio, situato poco al di sopra dell'origine delle volte, ed elevati con carri » grece disposti dapprima sulle sommità della centinatura, ma che in seguito si portarono nei piloni » perchè il movimento di esse affaticava troppo l'armatura. Lavorarono esse per la parte inferiore » delle volte, i peducci della sommità erano innalzati da altre grue più piccole situate sul ponte di » servizio . . . »

« La costruzione delle volte del ponte di Moulins (di M. di Rémusat) offre una diversa disposizione. Si è veduto, figura 12, Tavola stessa, che le centinature di esse erano molto frequenti » e solide. Questa circostanza, oltre i vantaggi che presentava per la buona esecuzione della muratura, ha permesso di potere stabilire il ponte di servizio sulle centinature. Costava esso di un » palco orizzontale più alto della sommità delle volte e portato da appoggi che si spaventano a lui » eura che lo esigeva il servizio della muratura. Su questo palco erano stabilite le doppie capre, » macchine composte di due capre accoppiate, sotto le quali con cavi si conduceva la pietra » cui sollevavano e facevano discendere, per un'apertura praticata nel palco, al posto che dovea » occupare. Il servizio fatto in tal modo offriva tale facilità che si è potuto centinare, costruire e » disarmare un'arcata in quindici giorni (Estratto dal Trattato sulla costruzione dei ponti, di M. Goussier, » Libro IV, Cap. IV) ».

(2) Tale è l'opinione che ebbe la maggioranza dei voti nel consiglio di Ponts e Strade, nell'esame del progetto del ponte di Jona, opinione da noi pure emessa nella nostra Memoria Storica sulla scuola del Partito Francese o Nuova Scuola di Santa Gertrude.

Le centinature hanno molta relazione coi tetti a superficie curve nell'alzato, perchè nelle une e negli altri le armature che li fortificano sono al di sotto.

Così le armature rappresentate dalle figure 1, 2, 3 e 4, Tavola LXXXIII, possono egualmente servire per centinature come per tetti dello stesso profilo, fortificandole in ragione della grandezza delle volte che debbono sostenere, e del modo con cui debbono essere costrutte, cioè in mattoni, in pietre greggie o in pietre di taglio.

Centinature di legname minuto.

Non si fa uso di centine di grosso legname che per le volte in pietra di taglio, il peso considerevole delle quali esige centinature fortissime. Per le volte più leggere, come nella figura 5, Tavola CXIX, si può far uso di tavole raddoppiate, attraversate e trattenute da tavole, da paneoni, o pezzi di legname grosso, secondo che il diametro e il carico di esse sono più o meno considerevoli. Si può evitare in questa maniera di mettere puntelli per sostenere il mezzo, il che diviene vantaggioso specialmente quando la volta debb'essere molto elevata.

Si posano le curve di tavole, di cui si formano le volte, sopra travi che si mettono lungo i muri all'altezza delle origini di quella, e si sostengono inferiormente con pali; si spaziano queste curve dai 18 pollici fino ai 2 piedi, secondo che la volta è più o meno pesante, figure 6, 7 e 8.

Se trattasi di una volta a botte, le curve si dispongono parallelamente, come si vede indicato dalla figura 6.

Per una volta a schifo si pongono le curve allungate, nel senso delle diagonali, e due altre in croce, secondo la curvatura primitiva, e si munisce il resto con parti di curve KI, IO, MN, NL, posate e fermate sulle curve messe nelle diagonali, figura 7.

In quanto ad una volta a crociera, dopo aver posate in tutta la sua lunghezza le curve parallele, come per una volta a botte, se ne pongono altre al di sopra in senso contrario, come si vede nella figura 8, in *a, b, c, d, e, f*, per formare la curvatura delle lunette. Le prime lungo i muri, debbono formare la centinatura intera delle lunette, e le altre non sono che parti che vanno diminuendo alle due estremità fino al punto in cui questa lunetta si perde nella volta a botte che incontra.

Circa le volte sferiche o sferoidiche, le centinature si compongono di curve tendenti al centro. Queste volte possono anche costruirsi senza centinature; ma queste possono contribuir molto alla prontezza dell'esecuzione (1).

Nei paesi ove si costruiscono le volte o in mattoni, o in pietre rozze, murate con malte, s'inchiudano tavole di abete su queste curve per riunirle e formare un rilievo che serve, per così dire, di sagoma alla volta.

Queste centinature formate in tal modo sono sostenute da un filare di puntelli sotto la sommità e da altri due verso la metà dei reni;

(1) Quando Brunelleschi propose di costruire la cupola di Firenze senza centinare, trovò tanti oppositori quanti erano gli architetti d'allora, gli ingegneri ed i matematici convocati per provvedere ai mezzi di costruire una cupola così grande all'altezza di più di 165 piedi. Tutti i progetti proposti presentavano per lo stabilimento delle centinature, che erano credute indispensabili, opere di muratura e di legname così considerevoli, che finalmente fu determinato di accettare le offerte di Brunelleschi; e allorché ebbe fatto vedere il suo modello, tenuto fino allora esatto, nessuno dubitò della possibilità del suo trovato. L'osservazione di un fatto che si ritroverà più alla pratica che alla teoria, fu quella che trionfò, in questa circostanza, di una difficoltà che si potrebbe chiamare immaginaria. Infatti, avvenne per aver compreso che in una cupola qualunque, ciascuna corona di corone o di peducci formando un sistema completo, ne risulta che non si può giammai sostenere altra parte della volta, che la larghezza d'una delle sue corone finché il cerchio sia interamente formato. Del resto l'armatura impiegata da Brunelleschi è simile a quella impiegata per costruire le cupole della chiesa di Santa Genevieffa, come se ne può giudicare dalla figura che G. B. Nelli ne ha data nel suo RACCONTATO SOPRA LA MANIERA DI TOLTARE LE CUPOLE SENZA APOPPARATI LE CENTINE, stampato a Firenze nel 1753.

Angelo Rocca, altro contemporaneo, dice che s'impiegarono per le centine delle cupole di S. Pietro di Roma 100 mila grandi pezzi di legno, creati da' quali erano sì grossi che due uomini li potevano appena abbracciare. La centinatura della cupola interna era composta di sedici armature doppie, figura 10, Tavola CXXVI, riunite da due accerchiature formanti ciascuna un poligono orizzontale di 16 lati. La prima accerchiatura era sostenuta da 66 pezzi di legno inclinati, chiamati contraffissi. Il punto d'appoggio di essi era nelle intaccature praticate contro la parte inferiore della volta; il che ha fatto dire all'autore da noi citato che questa centinatura era fatta con tant'arte che sembrava sospesa in aria.

Vedesi infatti dai disegni dati da Carlo Fontana nella descrizione di questo magnifico tempio, de' quali la figura 10 offre la riduzione, che la disposizione dei pezzi formanti la centinatura era assai ben combinata.

La seconda accerchiatura era sostenuta da 160 contraffissi, una parte de' quali poggiava sopra un secondo rango d'intaccature fatte a 12 piedi circa sopra i primi, e l'altra sui pezzi della prima accerchiatura. Sui fianchi g al di sopra, la centinatura era anche fortificata da armature formanti un poligono circoscritto, onde avvicinarsi vieppiù alla superficie della volta.

L'utilità di questa centinatura era quella di procurare un palco solido per disporvi le macchine destinate ad innalzare i materiali, onde accelerare il compimento dell'opera, più che per sostenere il peso della doppia cupola, che per la proprietà della sua pianta poteva rigorosamente costruirsi senza centinatura, con ancor più facilità della cupola di Firenze la cui pianta è un ottagono.

Frattanto è utile osservare che la prima rimase in costruzione circa vent'anni, mentre nello spazio di ventidue mesi quella di S. Pietro fu interamente compiuta.

e sono abbastanza solide per sostener volte di 18 in 20 piedi di diametro sopra 12 in 15 di spessore.

Visitando le ruine degli edifici antichi, ho riconosciuto che gli antichi Romani costruivano in questo modo le loro centinature. In molti luoghi delle Terme e del Colosseo, sulla superficie interna delle volte che non furono intonacate, e su molte di quelle i cui intonachi sono caduti, si vede l'impressione delle vene delle tavole d'abete che formavano il dorso delle centinature.

In molti luoghi d'Italia, invece di tavole, s'inchiodano sopra le curve cannicci o canne per formare la superficie delle centinature; e per renderla unita e regolare si ricoprono queste canne con malta di terra stemperata nell'acqua, colla quale si foggia talvolta in rilievo l'infossatura dei cassettoni e di altri compartimenti onde vuolsi arricchire le volte.

Le centinature per le grandi volte in pietra di taglio, sieno a crociera, a selcio, oppure sferiche, si compongono di armature o di semi-armature disposte come le curve di tavole e spaziate in ragione della grandezza e del peso della volta, e dello spessore dei cuscinetti o panchoni onde debbono essere ricoperti per sostenere i peducci.

Centinature di legname grosso.

L'arte di disporre i pezzi che debbono comporre una centinatura di legname grosso, in modo che possa sostenere senza sformarsi tutti gli sforzi dei peducci finchè sia posata la chiave, e di determinare le dimensioni di questi pezzi, esige cognizioni, che d'ordinario non sono alla portata degl'intraprenditori che ne assumono l'incarico; ma puossi anche dire che i dotti occupatisi di tale oggetto non sono entrati in sufficienti dettagli per render utile il loro lavoro. La loro teoria è tanto generale quant'è difficile applicarla ai casi particolari, perciocchè facendo astrazione nelle loro formole dalla qualità dei materiali e dalla maniera di metterli in opera, cose che possono modificare, e talvolta anche mutare lo stato della quistione, i risultamenti che si ottengono sono sovente più lontani dal vero che non i mezzi pratici di coloro che si affidano alla sola esperienza.

Studiando colla più grande attenzione tutto ciò che Pitot, Couplet, Frezier e Lorgna di Verona hanno scritto su tale rapporto, ho trovato risultare dalla loro teoria che tutti i pezzi di legno componenti una

centinatura di grosso legname debbono combinarsi in modo da sostenere più vantaggiosamente che sia possibile lo sforzo che fanno le pietre o i peducci per strisciare sulle loro commessure.

Siccome le superficie delle pietre non sono lisce abbastanza per strisciare appena il piano su cui si posano cessa di essere orizzontale, si sono fatte esperienze per conoscere fino a quale inclinazione queste pietre potevano sostenersi, e si è trovato che le pietre dure che cadono con più facilità, non cominciavano a strisciare che sopra un piano inclinato di circa 30 gradi. Le stesse sperienze fatte con pietre posate su malta recente hanno dato per la pietra dura 34 in 36 gradi, e per la pietra tenera, che assorbendo l'umidità della malta fa sì che tosto prende corpo, fino a 45 gradi quando il centro di gravità dei peducci non cade fuori della loro base. Così, prendendo 30 gradi pel punto in cui i peducci cominciano a strisciare, si è certi d'avere risultamenti superiori a quelli che darebbe l'esperienza; d'onde sembra risultare che non si dovrebbe far cominciare la centinatura che a tale altezza. In molte costruzioni di ponti antichi, come quello del Gard e di Cestio a Roma, vedonsi ancora le pietre saglienti su cui posava la base delle centinature: sono esse situate da 25 a 28 gradi sopra l'origine dell'arco. Frattanto per le centinature delle volte di un gran diametro, la catena delle quali ha bisogno di essere sostenuta ad una certa distanza, è meglio far cominciare la centinatura all'origine per aver mezzo di fortificare la catena al di sotto, come nelle figure 3, 4, 5 e 6, Tavola CXXVII.

Il carico delle centine che non comincia se non sopra i 30 gradi, va aumentando fino ai peducci che congiungono la chiave e non comincia a perdere la sua azione che quando quest'ultima è stata messa a sito.

Per trovare una combinazione di pezzi di legno che resista solidamente agli sforzi dei peducci fa duopo cominciare dal determinare la posizione della catena. Perciò, qualunque sia la curvatura della volta, rialzata, ribassata o semicircolare, si condurranno dai punti A e D, figure 3, 4, 5 e 6, due tangenti indefinite che s'incontrino nel punto F, pel quale si abbasserà una perpendicolare alla curva; il punto K, ov'essa la incontrerà, determinerà la posizione della catena. Divisa quindi la parte KD in due o tre parti in ragione della sua lunghezza sviluppata, si tireranno dai punti di divisione E e G, figura 3, altre perpendicolari alla curva che indicheranno le posizioni dei due monachi intermedi. Dal punto I ove la direzione del primo incontrerà la catena, si condurrà la

linea HIL, che indicherà la posizione, al di sotto di una gamba di forza per sostenere la lunghezza della catena, e al di sopra quella di un contraffisso per contropingere la parte superiore del monaco G T, sostenuto dall'altra parte dal contraffisso LM che fa forza contro il monaco di mezzo. La parte inferiore della catena sarà divisa secondo la sua grandezza, in due, tre o quattro parti, per le quali farassi passare gli aseialloni R S, per fermare le gambe di forza, i pali e i contraffissi che possono esservi, figura 6, e impedire che pieghino nella loro lunghezza.

Per giugnere a conoscere la grossezza dei pezzi di legno componenti questa centinatura, dietro le disposizioni da noi indicate, fa duopo cominciare a creare lo sforzo prodotto nel sito della catena dalla parte RK al di sopra dei 30 gradi, indicato dalle lettere R i g K. Questo sforzo che agisce secondo la direzione della catena, comprimendola per le due estremità, deve stare al peso, come l'orizzontale i K sta all'arco KR, secondo la teoria spiegata nel Capo 1.^o Sezione 4.^a del Libro Nono.

Supponendo il diametro AB della volta di piedi 72, e che la centinatura sia composta di armature simili alla figura 3, distanti 6 piedi da un mezzo all'altro, si troverà che il cubo della parte R i g K corrispondente a ciascuna catena, è 270 piedi, che possono essere valutati al peso medio di 150 libbre per piede, il che produce 40500 libbre; lo sforzo, contro la catena dovendo stare a questo peso come i K sta a KR, cioè,

presso a poco come 3 a 5, si avrà $\frac{40500 \times 3}{5} = 24300$ per ciascuna estremità, e 48600 per lo sforzo intero.

Da ciò che si è detto al Libro I, parlando della forza dei legni compressi per le due estremità nel senso della lunghezza, chiaramente risulta che un pezzo di legno in questa posizione può sostenere fino a 44 libbre per linea quadrata, cioè 6336 libbre ogni pollice; ma riducendo questa forza alla metà, non occorrerebbe a questa catena, trattenuta com'è nella sua lunghezza, che 4 in 5 pollici di grossezza per resistere allo sforzo della parte inferiore della centinatura. Frattanto, se si considera che questa catena serve di corda all'arco formante la parte superiore della centinatura, si riconoscerà facilmente che lo sforzo risultante dal carico di questa parte della centinatura che agisce in senso contrario di quello della parte inferiore, essendo molto più considerevole, lo distruggerà interamente.

La parte superiore della semivolta, dal punto K fino alla chiave, avendo 33 piedi di circonferenza media, sopra 7 piedi ridotti di altezza, e 6 piedi di spessore, produce un cubo di 1386 piedi, i quali valutati come poc' anzi in ragione di 150 libbre, produrrebbero un peso di 207900, del quale la centinatura deve sopportare circa i due terzi, cioè 138600. Questo peso portato dalla parte superiore della centinatura agirà sulla catena che le serve di corda con uno sforzo che starà a 138600 come K M sta all'arco K E G D, come 68 sta a 63, il che dà 128405 da cui levando lo sforzo in senso contrario della parte di volta inferiore, da noi trovato di 24300, resteranno 104105 per la mezza volta, e per la volta intera 208210. Ma siccome i contraffissi prolungati H I L sopportano più della metà del peso, il maggiore sforzo sulla catena può essere ridotto a 104105; inoltre il legno tirato per le estremità avendo forza doppia di quello che è compresso in senso contrario, ciascun pollice quadrato resisterà ad uno sforzo di 12672, di cui non prendendo che la metà, si troverà per la grossezza di questa catena 16 pollici di superficie o pollici 4 sopra 4.

Cercando le grossezze degli altri pezzi di legno non si troverebbero che 2 oppure 3 pollici pei pezzi E I, I L, L T, L M, cd N o, e 4 in 5 pollici per le gambe di forza e pei contraffissi P Q, H I. Se si volesse il giusto sforzo di questa parte di volta sulla sua centinatura converrebbe fare per ciascun peduccio questa proporzione: il seno totale sta al seno dell'inclinazione della commessura su cui è posato, come il suo peso sta alla forza necessaria per sostenerlo agendo parallelamente alla commessura, che è quella che deve opporgli la centinatura; così indicando il seno totale con s' , il seno dell'inclinazione della commessura con s'' , il peso del peduccio con P, e con F la forza necessaria a sostenerlo, si avrà $s' : s'' :: P : F$, d'onde si trae $F = \frac{s'' \times P}{s'}$; cioè, che bisogna moltiplicare il peso di ciascun peduccio pel seno dell'angolo della commessura su cui è posato, e dividere il prodotto pel seno totale. Trovato il cubo del peduccio g K di 40 piedi, i quali valutati al peso di 150 libbre ognuno, daranno $P = 6000$; se il seno s'' è di 51 gradi, si avrà $F = \frac{600 \times s'' \cdot 51}{s'}$ il che darà 4663 per lo sforzo di questo peduccio sulla centinatura. Facendo per ognuno questa operazione si troveranno 116350 invece di 128405 che darebbero i due terzi, supponendo

che le commessure dei peducci possano strisciare alla minima inclinazione; ma siccome non cominciano a strisciare che a 30 gradi, si avrà $F = \frac{6000 \times 1^{\text{a}}.30}{4}$, che daranno $F = 2150$ per il peduccio gK, e per la semicentinatura 81254. Ma è essenziale il considerare che non basta che ciascuno di questi pezzi abbia una forza sufficiente per resistere agli sforzi parziali corrispondenti ai punti ove si trovano posti; fa duopo inoltre che la loro commessione abbia una solidità ed una stabilità capaci di resistere alla massa degli sforzi riuniti, e in movimento, avuto riguardo ai difetti ed alle imperfezioni dei legni, della loro commessione e della posatura, e finalmente ai carichi ed accidenti straordinari ai quali possono essere esposte le centinature. Penso perciò che si possano determinare le grossezze dei pezzi di legno di cui si compongono le centinature col metodo usitato per tutte le opere di legname che hanno grandi sforzi o grandi carichi da sostenere. Questa regola consiste nel dare ai pezzi che debbono resistere agli sforzi che li comprimono per le estremità nel senso longitudinale, dal dodicesimo della lunghezza fino al decimo.

Ai pezzi di legno tirati per le estremità in senso longitudinale, da un trentesimo fino ad un ventiquattresimo;

Pei travi d'ogni specie ed altri pezzi caricati perpendicolarmente alla loro lunghezza, da un ventiquattresimo fino ad un diciottesimo.

Nella centinatura di cui trattasi, la più gran parte isolata della catena essendo di 34 piedi, si sono dati ad essa pollici 14 sopra 15 di grossezza, e si è duplicata con un pezzo di 10 pollici che può essere incavigliato colla catena, o meglio ancora riunito con istaffe a dadi onde indebolir meno i legnami.

Questa catena è sostenuta dalle gambe di forza PQ, HI, che sono trattenute alla metà della loro lunghezza con asciaioni nei quali sono piantati i pezzi o falsi puntoni che portano i cuscinetti.

Le gambe di forza non essendo isolate in tutta la loro lunghezza, invece della dodicesima non si è data ad esse che la quindicesima parte della loro lunghezza. Così alla gamba di forza PQ che ha quindici piedi di lunghezza si è fissata la grossezza di 12 pollici quadrati, e quella dell'altra HI, che ha piedi 19, a pollici 14 sopra 12.

La grossezza del monaco EI, la cui lunghezza è piedi 5 sarà pollici 5 sopra 8 per corrispondere al falsi puntoni che formano il contorno

della centinaatura. Quella del monaco LT, che ha presso ad 8 piedi, sarà 8 pollici sopra 8, e quella del monaco di mezzo DM, che ha quasi 9 piedi, sarà pollice 9 sopra 9.

La grossezza dei contraffissi LI, LM, e della traversa No è stata fissata ad 8 pollici, e finalmente quella dei falsi puntoni, che sostengono i cuscinetti, essendo lunghi 8 in 9 piedi, è stata fissata ad 8 pollici sopra 9.

Applicando a queste dimensioni il calcolo della forza dei legnami, si troverà per ciascun pezzo una resistenza di molto superiore agli sforzi che il carico esercita direttamente contro ciascuno d'essi, se si fa attenzione al travaglio che soffre l'insieme di una centinaatura durante la costruzione, alla natura della materia ed agli scherzi di cui sono capaci le commessioni, si sentirà l'indispensabile necessità di questa forza sovrabbondante per assicurare l'effetto del sistema contro le cause accidentali che possono turbarne l'economia. Così nella organizzazione degli esseri, la forza eccedente accumulata sugli elementi passivi della loro costruzione sembra assai più calcolata per gli sforzi straordinari a cui l'animale si può abbandonare, che ai bisogni del suo stato abituale. Per non aver soddisfatto dapprima a questi indizj dell'esperienza e dell'osservazione, molti costruttori, troppo confidenti nei dati della teoria, si sono trovati costretti a puntellar poi le centinaature stabilite d'altronde con eccellenti principj.

La figura 5 indica una centinaatura ribassata, combinata in altro modo. La catena KK è determinata dallo stesso metodo della precedente; è sostenuta da due gambe di forza KQ formanti puntoni, da due travi verticali PT e da due contraffissi IH. La parte superiore è formata da quattro puntoni KD, LI, tre monachi EI, LM, EI', e da quattro altri pezzi per sostenere i cuscinetti. Le grossezze di tutti questi pezzi sono nella stessa proporzione di quelli della figura 3.

La figura 6, che indica una centinaatura a semicerchio, o a tutto sesto, è combinata nel modo stesso di quella della figura 5.

La figura 7 rappresenta una centinaatura ellittica rialzata, che non differisce dalle precedenti che nella parte inferiore, la quale essendo più considerevole è riunita da quattro ranghi di ascialloni, due orizzontali e due inclinati; gli ascialloni KG, che passano alle estremità della catena, sono abbassati perpendicolarmente dal punto F sulla curva.

I pezzi di legno staccati A, R, E, L, G, M, D, disegnati sopra una scala doppia per far vedere i loro tagli ed intaccature, corrispondono a

quelli delle figure 3 e 6 indicati dalle stesse lettere. Circa le commessure, dobbiamo qui osservare che generalmente quelle chiamate a indentatura, l'uso delle quali si è consigliato per le armature dei tetti, sono le sole che possano convenire per quelle delle centinature (1).

Le figure 1 e 2 della Tavola CXXVIII rappresentano due combinazioni di centinatura proposte da Pitot per le arcate dei ponti, nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze, dell'anno 1726. La prima, che offre un'imitazione delle centinature che hanno servito alla costruzione delle volte di S. Pietro di Roma è quella impiegata dall'autore per le arcate unite al ponte del Gard: Pitot impiegò lo stesso sistema di centinature nei ponti d'Orneson e di Dulac sulla via da Carcassona a Perpignano. La seconda ha servito alla costruzione del ponte dell'Isola-Adam. Vedesi, che rapporto alla posizione delle catene, si combina con quella da noi proposta, come anche quella delle gambe di forza e dei pezzi che raddoppiano le catene nel mezzo. I doppi puntoni EF, NL, danno una gran forza alle parti superiori di queste centinature e le rendono capaci di sostenere solidamente e senza sformarsi le più massiccie costruzioni.

La figura 3 è una disposizione di centinatura di legname proposta da Lorgna di Verona in un'opera intitolata: *Saggi di Statica e Meccanica applicate alle arti*. Benchè i principj ed i calcoli su' quali si fonda sembrino giustificare questa combinazione, non la crediamo così ben legata da avere la necessaria solidità e stabilità per una gran volta, come un arco di ponte. Le gambe di forza CD, EG, sono troppo inclinate, e i falsi monachi AZ, BT, ben lungi dal sostenere la catena potrebbero sopraccaricarla malgrado i contraffissi *h i*. Le palle *a, b, c, d*, sono state messe per indicare il carico e lo sforzo della centinatura nei punti F, A, B, I.

Colla figura 4 si è rappresentato il modo di disporre una centinatura per far la volta di un grande edificio, approfittando dei palchi di legname innalzati per costruire i muri. La base EF della centinatura è elevata sopra l'origine circa 19 gradi.

La posizione della catena GH è determinata come abbiamo poc'anzi spiegato. Questa volta, benchè supposta costrutta in pietra, essendo assai

(1) Le figure 1 e 2 di questa Tavola indicano due modi di centinare le arcate come ho veduto praticarsi a Roma. Il primo era per le arcate che si costruivano; e le parti A e B erano riempite di muratura.

La seconda maniera, figura 2, era per sostenere un'arcata e la parte del muro al di sopra per rifare uno dei piedritti che avea piegato. Le piante di questi pontelluocci, che sono al di sotto, sono prese sulla linea CD.

meno pesante di un arco di ponte, si è dovuto impiegare minor numero di pezzi nella combinazione della sua centinatura.

Nel principio del suo lavoro sulla composizione delle centinature di grosso legname, inserito nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze per l'anno 1726, Pitot osserva, con ragione, *che fa duopo evitare, per quanto è possibile, di far attraversare due pezzi uno sull'altro con intaccature, come sono le croci di S. Andrea ecc.; perchè i due pezzi così disposti non hanno la forza che di un solo nel punto ove s'incrociano*. Questa osservazione alla cui agguiatezza è impossibile a non cedere, sembrava che dovesse allontanare del tutto certe combinazioni, d'altronde ingegnossissime, ma per eseguire le quali, si doveva far uso di quella viziosa disposizione. Per esempio l'idea di dirigere dall'estremità del diametro della volta una serie di triangoli alla circonferenza (1), le sommità dei quali avessero offerto altrettanti punti fissi ed invariabili sotto il peso dei peducci, diveniva assolutamente impraticabile per la difficoltà di trasmettere lo sforzo in uno stesso piano senza che i pezzi si riducessero in niente, in forza delle commessure ai punti ove molti di essi s'incontravano. Conveniva dunque rinunciare a questo sistema o trovare qualche mezzo di togliere un ostacolo così grande. Ed è ciò che ha avuto luogo in Inghilterra prima per le centinature del ponte di Blackfriars, e poi per quello di Strand o di Waterloo.

La figura 11 della Tavola CXXVI rappresenta un'armatura di queste centinature: essa è composta di nove triangoli alla circonferenza, formati da sedici puntoni o contraffissi che s'incrociano a due a due in un gran numero di punti, ed a tre a tre soltanto nei punti A, B, C. È questo il luogo ove l'autore, il cui nome ci è ignoto, ha dato una prova della sua profonda intelligenza immaginando di ricevere le estremità opposte di questi pezzi in una specie di mozzo di ghisa nel quale s'incastano come i raggi di una ruota, e trasmettono direttamente tutto lo sforzo del peso sui punti solidi.

Del resto si può dire che l'inconveniente dei legni intaccati a metà grossezza, si trova più che compensato dalla molteplicità dei pezzi che entrano nella composizione di queste centinature.

Gl'ingegnosi processi messi in opera per eseguire il disarmamento degli archi, e la sottrazione delle centinature, meritano anch'essi una speciale menzione. Di ciò parlerassi nel Capo III sezione 4.^a del Libro Nono.

(1) La solidità delle pile equivate in questo luogo alla catena che formerebbe il terzo lato del triangolo.

CAPO TERZO

DEI PUNTELLAMENTI

MOLTA esperienza fa duopo ad un architetto per puntellare un edificio come conviene, senza impiegarvi una quantità superflua di legname, come fanno la maggior parte dei carpentieri per procurarsi più lavoro. Il puntellamento di un edificio esige maggiori cognizioni di quelle che si credono; e quando quest'operazione non è fatta a proposito e in modo conveniente, contribuisce più alla ruina di un edificio, che al sostegno di esso. Sovente puntellando una parte se ne stacca un'altra o si getta inutilmente il peso di un punto sopra un altro più debole. Quanto più appare caduco un edificio, più si devono moltiplicare le precauzioni: sopra ogni cosa devesi sfuggire di sforzar troppo i puntelli. Siccome le circostanze possono variare all'infinito, è difficile prescrivere alcuna regola fissa a questo riguardo: tutta l'arte consiste nel combinare i puntellamenti in modo che sostengano le parti in cattivo stato senza alterare la solidità delle altre.

Le figure 1 e 2 della Tavola CXXIX indicano il modo di puntellare un muro di facciata per sostenere una spalla che separa due finestre, onde formarvi sotto un'apertura di bottega o di porta rustica sopprimendo la parte di spalla che si trova al pian terreno (1). Questo mezzo consiste nel puntellare le finestre dei piani superiori, mettendo due travi *a, a*, lungo gli stipiti coi puntelli *b, b*, attraverso, inclinati alternativamente in senso contrario, come si vede dalla figura 1. Si sostiene la parte di spalla che vi rimane con un pezzo forte di legno chismato architrave.

Per giugnere a mettere a sito questo pezzo che deve posare sugli stipiti conservati *B, B*, dalle finestre distrutte nel pianterreno, si mattono

(1) Quest'operazione, che non dovrebbe essere permessa, perchè è contraria a tutti i principj di solidità e di costruzione, è meno pericolosa per muri di facciata costrutti in pietre grigie e gesso che per le facciate in pietre di taglio, perchè quando i primi sono stati ben murati, il gesso riunisce le pietre con forza bastante acciocchè i puntelli delle finestre possano bastare senza i cavalletti ma non se ne può fare a meno per le spalle in pietra di taglio.

de' pontelli chiamati cavalletti, perchè ne hanno l'apparenza; sono essi composti di puntelli *c, c*, inclinati in senso contrario, che sostengono un forte pezzo di legno *f*, che attraversa il muro. I puntelli inclinati formanti i piedi di questi cavalletti si fermano inferiormente sui cuscinetti *e, e*, e al di sopra contro il pezzo che attraversa il muro con intaccature praticate nei puntelli, indicate da *d* nei dettagli più in grande sotto la figura 1.

La figura 2 rappresenta uno di questi cavalletti in profilo.

Le figure 3, 4 e 5 fanno vedere il modo di puntellare i solai di una casa, quando è forza ricostruire un muro di facciata; si suppone che le travi di questi solai sieno portate alternativamente dai muri divisorii *O, O*, e sul muro di facciata.

La figura 4 rappresenta una sezione parallela al muro di facciata. Il primo ed il terzo solaio, i cui travi sono sostenuti dal muro di facciata da demolirsi, hanno bisogno di essere puntellati; ma siccome il solaio intermedio deve portare i puntelli che debbono sostenere il terzo solaio, ha bisogno anch'esso di essere puntellato. Fa duopo che tutti i puntelli sieno messi immediatamente gli uni sopra gli altri coi cuscinetti *k, k*, inferiormente, e colle travi *m, m*, al di sopra. Quando il fabbricato o i solai sembrano portarsi alquanto più da una parte che dall'altra, invece di posare verticalmente i puntelli, si deve dare ad essi un poco d'inclinazione nel senso contrario.

Le estremità dei puntelli non si tagliano a squadra; si dà ad essi una doppia inclinazione, come si vede indicato dalla lettera *g* nei pezzi che sono sotto le figure 3 e 4.

Convien guardarsi bene dal hattere questi puntelli; per farli agire, si adopera invece un palo di ferro che opera più potentemente senza produrre scossa; e per far poggiare i puntelli in tutta la loro grossezza vi si sottopongono de' cunei fissati con chiodi.

Centinature e puntellamenti impiegati per la restaurazione dei piloni della cupola della chiesa di Santa Genevieffa.

Le centinature ed i puntellamenti che debbono servire a sostenere volte ed arcate già costrutte, che hanno bisogno di riparazioni, o per ristabilire i piedritti allorchè si sono piegati sotto il peso che li aggrava, come è avvenuto a quelli che sostengono la cupola della nuova chiesa di Santa Genevieffa, esigono forza e disposizioni particolari. Le centinature

che si dovettero fare per ristabilire questi piloni, rappresentate nelle figure 1, 2, 3 e 4, Tavola CXXX, dovevano esser forti a segno da sostenere il peso da cui erano caricate le arcate, che è circa venti milioni di libbre.

Una comune centinatura di legname, composta di pezzi isolati nella loro lunghezza, sarebbe stata insufficiente per un peso così enorme. Soltanto dopo lunghe meditazioni su questa grave quistione mi sono deciso a formar queste centinature e i loro piedritti con pezzi congiunti fortemente, collegati con asciaioni e caviglie. In ciascun' arcata si sono messe due centine, ciascuna delle quali composta di tre ranghi di pezzi di legno uniti, formanti poligoni concentrici disposti in modo che gli angoli del secondo rango corrispondevano alla metà dei lati del primo e del terzo; in guisa che tutte le commesure si trovavano collegate per l'incrocismento dei pezzi formanti questi poligoni, come vedesi indicato dalla figure 5 e 6. I piedritti di legname che sostenevano queste centinature erano composti di 12 pezzi di legno congiunti A, A, formanti in pianta una base rettangolare di 3 piedi e 4 pollici sopra piedi 2 e pollici 4, ed erano stabiliti su massicci di pietra di taglio B, B, alti 11 piedi. Tali piedritti di legname erano trattiene nella loro altezza (piedi 51 sopra il massiccio di pietra) con sei ranghi di asciaioni m, m, e sei grandi accerchiature E, E.

Questi piedritti erano situati alla distanza di 2 piedi e 7 pollici dal fusto delle colonne, onde avere uno spazio sufficiente per lavorare alla ristaurazione dei piloni della cupola. Questo spazio X era riempito da una costruzione mista di muratura e di legname: quest'ultima era combinata in modo da poter essere disfatta inferiormente a misura che progrediva il ristauo, col mezzo dei pezzi di legno posati a guisa di contraffassi indicati dalla lettera b, senza che la parte superiore cessasse di essere sostenuta. Questi erano commessi in addentellati messi lungo i piedritti di legname.

Nella parte superiore della centinatura, il vuoto era stato riempito da un arco P, di pietre picchiate, murate in gesso, che riempiva esattamente lo spazio fra il di sotto delle arcate e la centinatura di legname.

Nell'interno dei piedritti di legname si erano costrutti pilastri in pietra di taglio e in pietre picchiate, murate anch'esse con gesso onde contenerli in tutta la loro altezza. Questi doppi piedritti sostenevano un arco di pietra con una costruzione sopra in pietre greggie e gesso per

fortificare e tenere unita la centinatura di legname in tutte le sue parti. Da questa combinazione di legname e di muratura in gesso risulta che quest'ultimo avendo la proprietà d'aumentar il volume nel far presa, una parte si è serrata contro l'altra senza sforzo estraneo che avrebbe potuto sconvolgere la massa da sostenere durante la ristaurazione; e che terminata l'operazione si sono potute demolir successivamente le parti di muratura e di legname senza che sia risultato verun periglioso movimento nel trasmettere il peso sulle parti riedificate.

Una centinatura tutta di legname composta di un numero di pezzi così grande, sarebbe stata suscettibile di restringersi più che non doveva durante il lavoro del ristauo; d'altra parte una centinatura di pietra, caricandosi del peso prima del ravvicinamento che potevano provare le antiche e le nuove costruzioni, diveniva difficile il levare queste centinature ed evitar gli effetti che sarebbero risultati dal sopprimerle, e invece la compressione di cui è capace il legno era in caso di effettuare il trasporto del peso sulle nuove costruzioni senza laceramenti nè scosse.

La forza di queste centinature era stata calcolata per resistere tutta insieme ad uno sforzo di 20 milioni, sforzo massimo che si potesse supporre nel caso in cui si fossero fatte rotture da permettere a tutto ciò che corrisponde a tali centinature di agire isolatamente. Quest'ipotesi esagerata, compensa quella che si deve fare per istabilire il calcolo sulla forza dei legnami, supponendo i piedritti di un pezzo solo.

La grossezza di questi piedritti essendo 3 piedi e 4 pollici sopra piedi 2 e 4 pollici, produce una superficie di 7 piedi 9 pollici e 4 linee di base sopra 51 piedi di altezza, il che stabilisce un rapporto coll'altezza di $\frac{1}{12}$. Dalle sperienze che abbiamo citate nel primo libro, risulta che un cubo di legno posato in piedi non comincia ad essere compresso, che sotto uno sforzo di 44 libbre ogni linea superficiale; ma che questa forza diminuisce in ragione dell'aumento del rapporto fra la base e l'altezza; in guisa che per un pezzo la cui altezza è 18 volte la base, questa forza si riduce a 20 libbre, di cui prendendo la metà, perchè non bisogna che questi piedritti si comprimano, si troveranno 1440 libbre per ciascun pollice, 207,370 per ogni piede e 1,612,800 per ciascun piedritto; 6,451,200 per i piedritti di ciascuna arcata, e 25,854,800 per quelli delle quattro arcate, il che dà un quarto più del massimo peso che avrebbero potuto sostenere.

Nondimeno, siccome queste centinature sono composte di un gran numero di pezzi di legno capaci di avvicinarsi, prima di comprimersi, sotto un peso molto minore, vi si sono aggiunti i pilastri di murazione, la cui superficie è 44 piedi per una centinatura, e 176 per tutte e quattro. La minor forza di questa costruzione potendo essere valutata a 72 migliaia di libbre ogni piede superficiale, procura a queste centinature un rinforzo di 12,672,000 libbre, indipendentemente dalle parti a guisa di contraffissi *b*, che congiungono il nudo dei piloni della cupola che noi in questa stima non abbiamo valutato, perchè la maggior parte del loro sforzo si porta sui piedritti di queste centinature, delle quali aumenta il carico mantenendole ferme. Convien rimarcare che la forza del legno di quercia messo in piedi, è due volte maggiore di quella della roccia di Châtillon, che è la pietra più dura di Parigi.

OSSERVAZIONI

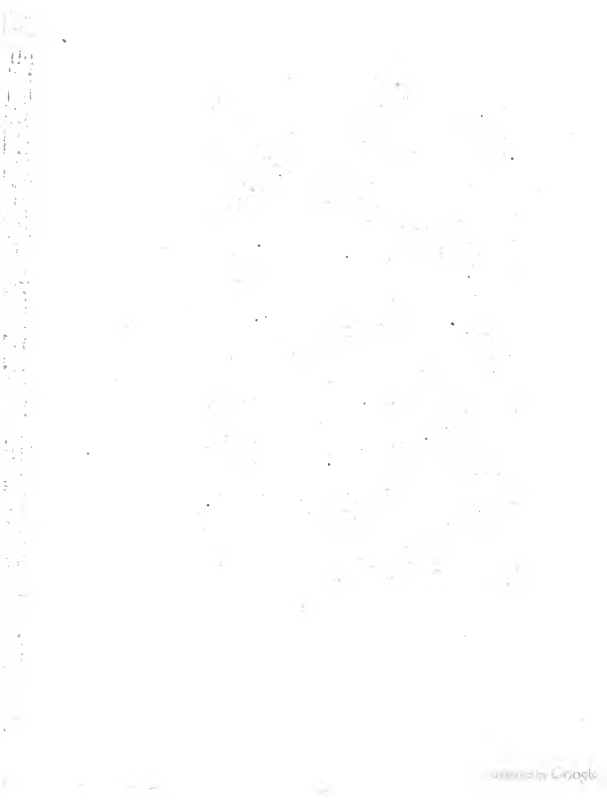
I puntellamenti della Cupola di Santa Genevieffa, cominciati nel 1798, come si è detto alla fine della sezione 1.^a del Libro secondo, furono terminati nel 1800; ma le opere di ristorazione non cominciarono che nel 1806. In quest'intervallo i progressi dei guasti, così rapidi ed allarmanti dapprima, divennero insensibili, e parve anzi che si arrestassero interamente: d'allora in poi non si dubitò più della possibilità di conservare interamente, come avevamo assicurato, uno dei più belli edifici moderni.

Riguardo ai mezzi di ristorazione, lo scopo doveva essere prima di tutto di supplire a queste opere ausiliarie con costruzioni permanenti, impegnandosi ad alterar il meno possibile la bella disposizione interna di quest'edificio (1).

(1) V'ha un errore circa lo stato primitivo delle cose, del quale dovessi distinguere il Pubblico. Si è creduto che i piloni della cupola non consistessero dapprima che in 12 colonne isolate disposte angolarmente a tre a tre nei luoghi ove si aprono le navate. Ma benché secondo il primo progetto di Germain Soufflot (presentato al re il 2 Marzo 1757) la cupola dovesse essere molto meno considerevole di quel ch'è adesso, lo spazio triangolare compreso fra queste colonne era pure riempito da un massiccio di muratura. È vero che Gauthier nella sua detta Memoria per confutare l'opinione di M. Patte sulla pretesa insufficienza di questi piloni, aveva asserito che non solo i piloni erano forti abbastanza per sostenere la cupola progettata, ma che potevano farne a meno e conservare soltanto le dodici colonne che vi erano aggiunte; ma ciò non fu che un'ipotesi esagerata, opposta all'opinione contraria, che non poteva recare e non recò difetti verun cambiamento nelle disposizioni primitive.

Terminati i lavori di ristaurazione, la cupola fu abbandonata dalle centinature sui nuovi punti d'appoggio, senza che verun effetto si sia manifestato nelle nuove costruzioni; ma bisognava attendere che il tempo confermasse questa prima prova. Dietro l'esperienza di venti anni, godiamo ora di poter invocare la testimonianza onorevole, che il Visconte Héricart di Thury, direttore dei lavori pubblici di Parigi, ha fatto ultimamente del successo di questa operazione, nel seno della Camera dei deputati (1).

(1) Vedi il discorso detto nella Camera dei deputati, nella seduta 11 Luglio 1838, del Visconte Héricart de Thury, consigliere di stato, direttore dei lavori pubblici a Parigi.



NOTE

SPIEGANTI ALCUNE TAVOLE APPENA MENZIONATE
NEL CORSO DI QUESTO LIBRO

TAVOLA LXXI.

*Quadro dell'origine e dei progressi dell'arte del carpentiere secondo la dottrina
di Vitruvio ed i Monumenti.*

Le figure 1, 2, 3 e 4 sono relative a ciò che dice Vitruvio sull'origine delle costruzioni in legname grosso, e che è riferito nella pagine 2, 3, e seg. di questo libro.

Le figure 5 e 6 si riferiscono alle case della Svizzera e della Russia delle quali si parla nella nota alla pagina 3.

Aggiungeremo qui, circa le costruzioni in legname coricate, che a Varsavia si veggono cupole poligone eseguite a strati commessi a guisa dientine; tutti i legnami sono posati piani; sotto pinne del pari le commessure agguagliate su tutte le facce. In questi processi di costruzione si trova tutta la semplicità dell'industria primitiva. (Vedi la Tavola CXXII, figure 3, 4, 5 e 6).

Figure 7 e 8. — *Tracce dell'armatura dei tetti antichi ritrovate nei frontoni dei tempi.* — L'opera di Vitruvio, come abbiain detto nel principio di questo libro, presenta una lacuna tanto più inconcepibile, circa lo stato dell'arte del carpentiere presso gli antichi, quanto, secondo tutti i documenti che si possono raccogliere d'altronde, questa parte dell'arte di edificare sembra essere stata già assai perfezionata all'epoca di quest'autore. Nel luogo ove parla della formazione dei tetti esiste un'oscurità che lascia luogo alla sorpresa, specialmente quando si pensa che le opere di questo genere sono le più facili a descriversi. È vero che ivi la questione è complicata di più dall'idea di trovare nell'armatura dei tetti l'origine di alcuni ornamenti d'architettura, che non offrono più se non una imitazione già lontanissima dai modelli molto variabili di lor natura; così si osserva la più grande dissomiglianza fra le figure costrutte su questi dati. Tutta il lavoro a cui Piranesi si è dedicato su tale riguardo, sembra aver dimostrato che lo studiare questa questione non potrebbe giammai produrre verun utile risul-
tamento (1).

Nulldimeno è d'uopo riconoscere che certi ornamenti d'architettura, come pensava Vitruvio, sonosi desunti dalle combinazioni dei legnami dei tetti: il triangolo, per

(1) Vedi nell'opera intitolata: — *Della Magnificenza ed Architettura dei Romani*, di G. B. Piranesi, le tavole 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33 e 34.

esempi, formati da gocciolatoi retti ed inclinati che coronano il frontispizio dei templi greci, è evidentemente l'immagine d'un cavalletto di legname; ma è la sola indicazione presso a poco, non affatto maturata dall'arte. L'ispezione delle figure 7 e 8 renderà più sensibile questa osservazione.

Figura 9. — Armatura del tetto dell'antica basilica di S. Pietro a Roma, secondo Carlo Fontana. — Ciò che si è detto nelle pagine 111 e seguenti, circa i cavalletti della basilica di S. Paolo fuori delle mura, può applicarsi a quelli di S. Pietro: la sola differenza che esista fra essi sta nella doppia funzione della seconda catena, che in questi ultimi agisce soltanto per sollevare i pontoni nella loro lunghezza, conservandone il loro allontanamento. Abbiamo applicato questo sistema ai proposti cangiamenti dei cavalletti nella sala d'esercizio di Mnesea, pag. 136 e seguenti.

Del resto gli estratti seguenti relativi a tale armatura non hanno altro scopo fur quello di sostenere l'opinione da noi emessa, parlando della conservazione dei tipi dell'armature dei tetti antichi, e specialmente di quella *pro cellis inuani magnitudine*.

« Mentre era occupato a raccogliere tutti i documenti che potevano esistere ancora » sopra questa santissima basilica (dice Carlo Fontana) Lib. II, Cap. XI (1), mi fu » comunicato da un amatore delle belle arti il disegno esatto dell'armatura del tetto » che copriva la grande navata di questo edificio: la combinazione di essa mi parve » tanto ingegnosa e così ben ordinata l'indicazione, che riguardai utilissimo all'archi- » tetura il pubblicarla.... »

« Il tetto di questa santissima basilica fu disposto con tale intelligenza che dopo » aver preservato per tanti secoli l'edificio contro le intemperie dell'aria, i legnami di » cui era composto si trovarono conservati a segno da poter essere impiegati a formar » il tetto del Palazzo Farnese che oggi si ammira in questa città, ecc. »

Il padre Filippo Romani, che ha copiato questa figura nella sua Descrizione Storica di S. Pietro di Roma (2), fa menzione di un fatto che sembra non lasciar più dubbio alcuno su questa importante questione. Ecco ciò che riferisce su questo soggetto:

« Il manoscritto della Storia Universale, composto nel 1339 circa da Rutio Al- » berlino Romani, e che dopo fu da Anfibale Scardova Bolognese trascritto dall'antico » nel volgare linguaggio, contiene il racconto seguente che non può a meno d'inte- » ressare il lettore. Questa storia manoscritta, che esiste nella biblioteca della Congre- » gazione di S. Mauro a Roma, è citata nell'opera dell'illustre Ciampino, Tom. VIII, » pag. 130; anche Torrigio ne fa menzione nelle *Cripte del Vaticano*, pag. 128.

« Assunto appena al pontificato, Benedetto XII, dice Alberino, fece rinnovare in- » teramente l'armatura del tetto di S. Pietro; quest'opera importante eseguita con » gran perfezione non costò meno di 80 mille fiorini d'oro. L'impresa di tale

(1) Vedi l'opera intitolata: *Il tempio Vaticano e sua origine, con gli edifici più cospicui antichi e moderni fatti dentro e fuori di esso*, descritto dal cavaliere Carlo Fontana ministro deputato del detto famoso tempio ed architetto. Roma, Francesco Bassoli, 1691.

(2) Quest'opera è intitolata: *Summarium summorum Pontificum Templi Vaticani fabricam indicans, chronologico ejusdem fabricae narratione ac multiplici eruditione explicata etc.* A Patre Philippo Bonanni Societatis Jesu, Romae, 1715. Cap. IX, pag. 26.

« operazione fu confidata a Maestro Ballo di Colonna, carpentieri abilissimo, e tanto
 « consumato nella pratica dell'arte sua che seppe dire esattamente, anche prima d'aver
 « spesa mano al lavoro, il giorno, l'ora e il momento in cui doveva essere terminato
 « il tetto. Costui aveva una esperienza così grande, che calava le vecchie travi ed in-
 « salsava le nuove con tanta facilità come se trattato si fusse delle arie dei Teatri. Da
 « ciascuna parte si vedeva un uomo accavallato all'estremità del pezzo; ma io non avrei
 « voluto essere uno di essi per tutto l'oro del mondo. Smontando l'antica armatura
 « si trovò una trave immensa e di sorprendente grossezza: fu la vidi ancor tutta in-
 « viluppata di cordami di cui l'avevano guernita per la sua estrema vecchiezza; assai
 « aveva in piedi di grossezza, il che senza dubbio fu cagione di sì lunga durata; e la
 « qualità del legno era la stessa di tutta l'armatura. V'è sì trovò scolpita sopra una
 « iscrizione di cui ecco il senso: QUESTA TRAVE È UNA DI QUELLE DEL TETTO FATTO POSARE
 « MAI SUOI COSTANTINI; e le tre lettere antiche così, si vedevano ancora in molti luoghi.
 « Essa era antica come l'altebja ecc. »

I dettagli che si sono letti concorrono con ciò che si è detto poc'anzi sulle fi-
 gure 7 e 8 a far pensare che conosciamo in modo molto certo il primo e l'ultimo
 termine dell'armatura dei tetti antichi, e che la tavola CV offre molti esempi coll'aiuto
 dei quali è facile soddisfare alle condizioni indicate pei tetti intermedi.

TAVOLA XCVIII

Figura 4. — Ponte di Scamozzi.

Data la spiegazione e la figura del ponte che Gialio Cesare fece costruire sul Reno
 pel passaggio della sua armata, Scamozzi, che avea raccolto moltissime osservazioni
 sulle costrutture di simil genere nei suoi viaggi in Germania, ha tentato di rimire in
 un modello solo ciò che di meglio ha riconosciuto in ciascun esempio. Ecco il testo
 che accompagna nell'opera sua, la figura qui rappresentata sotto il n.º 4.

« Questo ponte ha prima due ordini di legni, che noi chiameremo Colonne, o
 « Stanti A, A, B, B, fitti bene nel fondo del fiume, e di quella grossezza ed al-
 « tezza, che sarà convenevole alla qualità dell'opera, e che stiano diritti in piedi,
 « e scosti quanto la loro grossezza, e tanto distanti, che facciano la larghezza del vivo
 « del ponte; le quali Colonne si tenghino congiunte da alto alla parte di dentro e
 « poi a mezzo da ambe le parti con alcune traverse C di mediocre grossezza ben fitte
 « in esse Colonne, e con i loro sostegni sotto.

« E sopra alle Colonne posano alcuni legni E della medesima grossezza, e fanno
 « d'avvantaggio il letto, e propria larghezza del ponte, a' quali prestano molto aiuto,
 « e le traverse superiori, ed alcune orecchie alle parti di fuori, e tutte queste
 « cose sono benissimo adunate ed inchiodate insieme. Poi alle parti di fuori sono
 « Arieti G, che essendo fitti nel fiume stanno pendenti, ed urtano sotto alle traverse C
 « a mezzo alle Colonne: ed a linea degli Arieti alla parte di dentro si innalzano dalle
 « traverse alcune braccia H, bene allargate, e di medesima grossezza, le quali soste-
 « gno uno strumazzo, e quasi compongono una forma ornata, ed alla parte di fuori s'er-
 « gono altre braccia I più ristrette, e queste e quelle tutte insieme vanno a rimettere

« sotto a' legni del letto, e poi con lame di ferro sono molto bene imbragate insieme, e questo è quanto alla orditura del ponte.

« A traverso del letto del ponte sono cinque legni K. di buona grossezza, cioè due sopra alle Colonne, e tre frammezzo, che servono come modiglioni, e sopra ad essi i legni di mezzana grossezza, che fanno correnti per la lunghezza del ponte, a traverso de' quali è compartita la travamenta L, ove posano per il lungo la palan- che, e poi per traverso i tuvoloni, i quali coprono il ponte, e tutti questi legnami s'intendono bene inchiodati. La composizione di questo ponte indubitabilmente è tale, che per gli Arieti G, che reggono le Colonne A B, e per le giunture C D e per le braccia H, I, e stramazzo, che uniscono tutto insieme il suo letto E, perciò in tutte le sue parti egli riesce fortissimo; in tanto che elevando le Colonne A B, nel alto egli si potrebbe coprire. Di maniera che avendo i ripari O al di sopra assai vicini, e così dall'empito delle acque nè dà altra violenza, che fosse, egli non potrebbe essere spinto, nè pur fatto crollare ad alcuna parte; oltre che in superficie d'acqua riesce molto spazioso e libero, e di graziosa forma a vedere, e tuttavia non avrebbe difficoltà nel costrutto, ne richiederebbe molta quantità di legnami e ferramenti. »

In seguito a ciò l'autore offre una succinta descrizione dei ponti più rimarchevoli da lui veduti, tanto per l'ampiezza, come per l'ordine della costruzione. Riguardo a questi ultimi, si può essere convinti della superiorità di certi popoli in questo genere di costruzione ad un'epoca assai più lontana di quella del ponte di Sciaffusa, ove queste specie d'opere sono state più particolarmente conosciute in Europa.

Forse dopo la lettura di questo passo si penserà con noi che prima d'aver conosciuto con disegni alcuni ponti di questo genere, queste descrizioni abbiano dovuto sembrare insufficienti a molti per intendere la costruzione. E certamente a questa omissione dell'autore fa d'uopo attribuire la dimenticanza nella quale erano caduti fino ad ora questi preziosi documenti.

TAVOLA XCIX

Ponte di Trajano sul Danubio (figura 1).

Dopo aver parlato dei ponti più celebri dell'antica Italia, il padre Monfaucon aggiunge ciò che segue: « In quanto ai ponti fuori d'Italia non s'ha nulla di più magnifico del ponte di Trajano sul Danubio, se stimo alla descrizione che ne fa Bione Cassio: *Ex eo ha, dice quest'autore, videntur piloni in pietre di taglio quadrate. Questi piloni sono alti fino 150 piedi e larghi 60, distanti l'uno dall'altro piedi 170, e uniti da arcate. Puoi non ammirare la spesa di tal lavoro? ed in un fiume così grande, che ha tanti vortici d'acqua ed il cui fondo è limaccioso e poco solido, e di cui non puoi divertire il corso. Benchè questo fiume sia assai grande, in quel luogo lo è assai meno che in altri ove si vede due o tre volte più largo, in guisa che romba ad un mare; ma siccome si restringe in questo ov'è più stretto il passo, per estendersi di nuovo quando non ha più barriera che lo rinserri, è in quel luogo molto più rapido, il che aumenta la difficoltà dell'opera. Ciò però non atterrà Trajano la cui magnanimità si fece conoscere in tale occasione. Questo ponte non è più di alcun*

« usà, le sole pile rimangono e sembrano conservate solo per attestare che tutto può tentare lo spirito umano ».

« Dione soggiugne che Adriano, successore di Trajano, temendo che questo ponte fatto per passare al di là del Danubio, potesse servire anche ai Barbari, se potevano impadronirsene, per passare sulle terre dei Romani, fece abbattere tutta la parte superiore del ponte e gli arconi, o forse lo fece per gelosia disperando di poter mai fare un ponte simile a quello.

« Nulla v'ha di più positivo della testimonianza di Dione; se vi si potesse fidare, converrebbe confessare che non esistette mai un ponte simile a quello: ma la Colonna Trajana non combina punto con questa descrizione. Il ponte vien rappresentato con tutti gli altri fabbricati che fecero i Romani in quel paese; e non vi figurano che due piccole arcate di pietra ad una delle estremità; tutto il rimanente è una bellissima e grande armatura di legname sostenuta da pile di pietra. Questo ponte combina soltanto colla descrizione di Dione Cassio nell'aver le pile di grandi pietre quadrate. Per far meglio rimarcare la struttura tanto delle pile quanto dell'armatura di legno, faccio qui incidere primariamente il ponte quale è rappresentato sulla Colonna Trajana, e quindi due pile in grande nelle arcate di legno che il R. P. Don Filippo Raffier, allora procuratore generale della nostra congregazione nella corte di Roma, mi fece disegnare esattamente.

« Non contento di ciò feci chiedere al conte Marsigli che ha occupati gradi considerabili nell'armata imperiale, in Ungheria, le osservazioni ch'io sapeva da lui fatti sui luoghi, ed ecco ciò che mi fece l'onore di scrivere: *Le pile di questo ponte sussistono ancora, e non possono essere mai state forti abbastanza da sostenere un ponte di pietra. Ciò sembra pure così evidente nella Colonna Trajana, ove tali pile non sembrano fatte perciò. D'altronde i Romani avrebbero trascurato di mettere sulla colonna questo ponte così magnifico, tal quale era stato costruito? L'avrebbero essi, per così dire, degradato rappresentandolo con quest'armatura di legno sulle pile e meno considerevole dei ponti ordinari? Il Danubio ha in questo ponte un miglio italiano di larghezza: è così poco profondo in estate, che sarà stato facilissimo costruirvi le pile di pietra, specialmente in un luogo ove i materiali si trovano in grande abbondanza.* » (Estratto dell'Antichità Spiegata da D. Bernard Monfaucon, Tomo IV, Parte 2.^a Capo IV).

TAVOLA CIV

Costruzione e innalzamento delle armature di legname composte di pezzi curvi come quelli del ponte d' Eglisau.

Il ponte di Mellingen sulla Reuss, costruito nel 1794 da Giuseppe Ritter, capo capotiere di Lucerna, sembra essere stato uno dei primi ove si sia adottato il sistema delle armature centinate. Cristiano de Michel ne ha dato la descrizione nella sua Memoria sui tre ponti più rimarchevoli della Svizzera; ma fa d'uopo rammentarsi che fra tutti i dettagli da lui offerti su quest'opera non si trovi nessun insegnamento relativo ai processi straordinari che esige questo genere di costruzione. Per supplire a tale omissione

sperummo di poter dare in questo Libro una relazione dettagliata di tutti i lavori del ponte d'Eglisau; ma non essendoci pervenute le necessarie istruzioni, ed essendo d'altronde stabiliti i ponti della Baviera con processi affatto simili, abbiamo presa dalla dotta opera di Gauthey sulla Costruzione dei Ponti la descrizione che segue:

« I ponti di legname essendo generalmente fatti in Francia con pezzi di quercia di mediocre lunghezza tagliati nel cantiere secondo la forma e la curvatura che debbono offrire nell'opera eseguita, non comportano che gli ordinari processi delle costruzioni in legname. Le armature si stabiliscono successivamente sul modello, si comettono e si smontano, e nello elevarle non esigono sforzo veruno per essere posate secondo la forma delle centinature. Nei ponti di Baviera queste centinature sono formate di lunghi pezzi retti di abete o di legno di analoga qualità, che si fanno piegare a forza, e che raddrizzandosi poi non conservando che una parte della curvatura che hanno ricevuto nel cantiere (1) esigono che nell'innalzarli sieno sostituiti di nuovo ad una certa forza acciò riprendano la forma che debbono conservare. Questa differenza di natura nei materiali ne importa necessariamente un'altra nei processi dell'esecuzione. Le armature sono commesse nel cantiere in posizione verticale col mezzo di un palco composto di palate coperte da cappelli e portanti de' pezzi sui quali si stabiliscono dapprima le traverse che si trovano al di sotto delle curve. Quindi sono posate le curve, cominciando da quelle vicine alle origini, che si fissano prima alla estremità inferiore, e col mezzo di una catena attaccata all'altra estremità si fa piegare sulle traverse. Sono trattenute le curve in questa posizione da pezzi di legno con intaccature, che facendo presso a poco la funzione degli scialloni pendenti dei nostri ponti affermano inferiormente qualche pezzo del palco. Quando è interamente posata la prima corsia di curve d'un'armatura, si passa alla seconda, e se nel far piegare i pezzi quelli di sopra non combaciano esattamente quelli di sotto si forzeranno con biette in modo da ottenere un'intera sovrapposizione. Così stabilita tutta l'armatura del ponte, comprese le traverse e le ranze, si smonta, e l'innalzamento sul fiume si eseguisce col mezzo di un palco portato da palate, con processi assolutamente simili, offrendo queste palate i punti d'appoggio necessari per ricevere le curve e far ad esse riprendere la loro curvatura. » (Estratto dal Trattato della Costruzione dei Ponti, di Gauthey, Tomo II, Libro IV, Capo IV).

TAVOLA CXII

Pianta e Sezione della Sala d'esercizio di Darmstadt.

Leggesi nel *Journal von und für Deutschland*, ottobre 1784, la seguente descrizione della suddetta Sala:

« Quest'edifizio, unico nel suo genere, è stato edificato nello spazio di 9 mesi da Sebaldusnecht, architetto. La sua lunghezza è piedi 319, e la larghezza da un'all'altro piedi 151 del Roto. La sua altezza è piedi 83, dei quali i muri non ne hanno

(1) Stabilita che sia nel cantiere l'armatura del ponte se si lascia seccare per qualche mese prima di smontarla, i pezzi curvati perdono una parte della loro elasticità e conservano molto meglio la forma che ad essi si è data.

« che 32, mentre gli altri 51 compongono il tetto. I muri hanno 9 piedi dirimpetto ai contrafforti, e quelli del rimanente fabbricato piedi 6 di grossezza. »

Si può dire che è mancato alla Francia soltanto un concorso di circostanze favorevoli perchè godesse da gran tempo il vantaggio di queste Sale immense, e che da essa le altre nazioni ne avessero preso l'esempio se fossero stati eseguiti i progetti di Filiberto De Lorme. Pieno di confidenza in un sistema, di cui poteva crederesi inventore, non conoscendone allora nessun modello, questo dotto architetto travede tutta l'estensione di cui poteva essere capace, e che ebbe di poi (1). Ecco in qual modo si esprime su ciò nel suo libro intitolato: *Nuove invenzioni per ben fabbricare con poca spesa*; Parigi 1561.

« Essendo su questo proposito, mi sono avveduto che è facile a fare un grande edificio o sala quadrata bislunga o rotonda, trigona od esagona, o di qualsivoglia figura, e senza far molta murazione... Ne ho fatto qui un disegno a mio talento pel quale potrete considerare quale ne sarebbe l'invenzione. Vedi dunque la pianta di una sala che ha 40 tese di lunghezza e 25 di larghezza da muro a muro... Sembrami che sarebbe una sala superba per larghezza e per lunghezza, maggiore di quante s'è udito parlare, bella per farvi festini ed altri trattamenti, ornata da quattro padiglioni singolari ed altrettante gallerie senza veruna soggezione.

« Su questa stessa invenzione ho trovato molte altre maniere che sono incredibili e a molti pensando che non si possano fare, e si farebbero così facilmente e prontamente come qualunque altra opera. Io protesto di non averne udito parlare, nè trovato cose simili ne' miei libri. » (Estratto dei Capitoli XXI e XXII del libro I di detta opera).

TAVOLA CXVI

Dettagli dell'armatura e dei soffitti della basilica di Santa Maria Maggiore a Roma (2).

È certo che bisogna riferire agli antichi l'invenzione dei processi osservati in molte chiese d'Italia per formare i soffitti praticati sotto l'armatura dei tetti, e che l'insieme di tali disposizioni si è perpetuato fino a noi colle imitazioni dei bassi tempi (3). Infatti il carattere di grandezza che si osserva nei più antichi esempi di questo genere, attesta

(1) La cupola del mercato dei grani di Parigi, eseguita nel 1782 sotto la direzione di Legendre e Melin, distrutta da un incendio nel 1803, era costrutta in questa maniera. Si trova incisa al n.º 31 della parte 3.ª Raccolta di Kruff. Essa aveva un'area di diametro.

(2) Il tetto di quest'edificio è composto di vasi cavalletti accoppiati e due semplici: le grandi e le piccole catene sono di abete, come pure i pignoni. Esso fu fatto sotto Eugenio IV nel 1437, e Benedetto XIII vi fece fare qualche riparazione nel 1781. Il soffitto fu cominciato nel 1456 sotto Calisto III, e terminato nel 1500 sotto Alessandro VI. Ercolotto XIV fece ristabilire le dorature nel 1750.

(3) Gli epiteti di *tecta laqueata et caelata*, di cui si serve Cicerone nel libro I delle Tuscolane, o nel II delle Leggi, non potrebbero indicare che le opere di questo genere, non altrimenti che il *laqueum auro templum* di Tito Livio e i monumenti di Baalbek e di Palmira presentano evidentemente in più parti questo modo di decorazione riprodotto in pietra, come si era già praticato per gli altri elementi della greca architettura.

almente, indipendentemente da ogni altra prova, che l'ordinamento della loro decorazione è una trasmissione immediata dell'architettura antica. In quanto alla disposizione, le armature di questo tetto sono assolutamente simili a quelle della basilica di S. Paolo fuori delle mura, una delle quali è rappresentata dalla Tavola CV, figura 5, descritta alla pag. 111; tutta la differenza consiste nell'altezza relativa dei monachi nella lunghezza delle catene. Ma qui non trattasi del merito di quest'armatura, bensì di appoggiare coll'autorità di un esempio ciò che abbiamo detto circa i vantaggi che l'arte può trarre dall'impiego delle opere di legname minuto per formare i soffitti delle grandi sale sotto i tetti od i tetti. Si è detto quanto si poteva circa la durata che questa disposizione procura all'opera; ora dunque ci limiteremo a richiamare l'attenzione sull'estrema semplicità dei mezzi coll'aiuto dei quali si può ottenere la più magnifica decorazione. Le figure della Tavola CXVI presentano l'insieme di questa costruzione così una senza albastrora grande da render facile l'afferrar bene tutti i dettagli.

Nelle figure 3 e 4 vedesi che le forme dei cassettoni sono formate di tavole d'abete sulle quali sono applicate le modanature; due di queste tavole sono fermate sopra i tasselli *a, b*, figure 1 e 3, e inchiodate contro le grandi catene; i lati ad angolo sono di tavole tagliate posate fra le prime, come si vede in D, figura 4. Il fondo è coperto da una tavola F, a cui è fissato con una caviglia il rosettone.

In quanto alla ricchezza degli ornamenti è essenziale osservare che questi scomparti sono suscettibili delle modificazioni stesse di tutto ciò che appartiene agli ordini di architettura; e che siccome certi ordini non sono men belli benché senza i lavori d'intaglio, anche le soffitte di questo genere produrrebbero del pari un bellissimo effetto con semplici modanature. Di ciò puossi convincere vedendo il soffitto della magnifica loggia nel castello di Fontainebleau.

Godiamo di poter terminare questa nota annunciando che la chiesa di nostra Signora di Loreto, in costruzione della quale è affidata al nostro stimabile collega, l'architetto Lebas, offrirà ben presto nella capitale l'occasione di apprezzare fino a qual punto sieno fecondi gli elogi profusi a questo genere di lavori.

La figura 7 fa vedere la disposizione interna delle soffitte nella basilica di S. Giovanni Laterano.

TAVOLA CXVI

Figure 3 e 4. — Pianta e profilo di una cupola di Legname tratta dall'Arte del Carpentiere di Nicolò Fourneau.

Ripetiamo in questo luogo la spiegazione data dall'autore, nella terza parte del suo libro, su questa composizione. Vi si vedrà, come abbiamo detto nella pagina 147, che, oltre alcune nozioni un poco vaghe sull'effetto e l'azione di certe commisure e di molti dettagli pratici che è bene conoscere, non si trova in questa descrizione (come io tutto il corso dell'opera, d'altronde completissima in quanto all'arte del taglio), l'enunciato di verun principio certo sulle combinazioni del legname.

SPIEGAZIONE DELLA TRIGESIMA TAVOLA

Modo di costruire una cupola.

« Benchè non vi sia arte di taglio, non occorre minor sapere per eseguirla per la
 « quantità dei pezzi di legno da commettere e per la grande soggezione dei tagli; il
 « mancare ad un simile lavoro importerebbe la ruina di un appaltatore.

« Per eseguire quest'opera si faranno due armature commesse come quelle che
 « si vedono nella figura, che s'incrocieranno, nelle quali gli estremi degli ascia-
 « lioni o o o o, ecc., indicano gli stessi asciallioni $a a$, $b b$, $c c$, ecc. L'estremità del
 « pezzo $n n$, che esce sulla grande catena dell'armatura è l'estremità di quello che
 « posa sulle due semicatene $A A$, che si vedono in pianta; questa pezzo è di grande
 « conseguenza, ed è quello che impedisce lo strappamento delle due semicatene dal-
 « l'altra armatura. Si osserverà anche di fare l'accerchiatura della stessa forma onde
 « nulla poggia sul vuoto. Si osservi che i tre pezzi $a b$, $b c$, $c d$, formano un quarto di
 « cerchio: le commessure che sono sui pezzi $d n$ e $b n$, non possono dunque abban-
 « donar mai i punti b , c . Io ho eseguito questa accerchiatura nella volta del coro delle
 « Certosa di Gaillon in Normandia; i pezzi a , b , c , d , sono puntoni ben commessi a
 « maschi e femmine e indentature superiormente e al di sotto, perchè sono essi che ri-
 « cevono gli sforzi che la catena esercita sugli asciallioni, come quello che il peso della
 « laoterna esercita sui detti puntoni.

« Ho fatto uscir fuori la parte superiore degli asciallioni $a a$, $b b$, $c c$, $d d$, per
 « farne vedere le incastature. Si farà pure in modo che le gambe di forza $A B$ sieno
 « messe di una forza sufficiente, e meno inclinate che sarà possibile per la solidità, ed
 « impedire che l'edificio spinga sul vuoto. Non dirò di più su questa costruzione, che
 « da sé dimostra la sua composizione; quest'opera esige molto studio per la sua elu-
 « crazione che è considerabile, tanto per i palchi come per gli equipaggi, il che la rende
 « dispendiosissima. »

TAVOLA CXXVI fig. 9.

Centinatura proposta da Mathurin Jousse per un'arcata di 100 piedi di diametro.

SPIEGAZIONE DELL'AUTORE

« È evidente e certissimo che in ogni armatura di legname la forza e la solidità
 « dei pezzi deve misurarsi dalla gravità dei pesi che sono obbligati a sostenere: così,
 « per parlar delle centinature, che sono combinazioni di legname per fare le volte e
 « le arcate, è necessario che sieno fortissime e ben commesse con barre, staffe e ca-
 « vicchie di ferro, o per lo meno del legno più fermo e più duro, perchè debbono
 « sostenere tutto il restante della parte superiore delle volte. Siccome se ne fanno di
 « più maniere, vi hanno pure diversi mezzi di tracciarle, tagliarle, rialzarle o ribas-
 « sarle; ma avendo già insegnato poc'anni il modo onde bisogna prendere i punti e

« le misure, non metterò qui che i disegni di queste varie centinature, le quali bene « eseguite, saranno ferme, solide e sufficienti per portare qualunque peso. E per co-
« minciare, dimostro primieramente in questa CXV.^a figura una centina a tutto sesto,
« che deve essere costrutta in buon legname, munita di curve, solievi, razze, ascia-
« loni ed altri pezzi necessarj, che saranno fatti, e stabiliti a commessi com'ho inse-
« gnato nelle precedenti figure. »

Vedesi con dispiacere che la spiegazione dell'autore non contiene verun documento sulla via da lui scelta per comporre quest'armatura. In mancanza di tale precauzione, soltanto dopo averla studiata per qualche tempo, si può giungere a impadronirsi del meccanismo di essa. Tenteremo di supplire a questa omissione, non considerando che la parte sopra la catena.

Sealben che l'autore abbia cominciato dall'inscrivere nel segmento del cerchio il poligono A B C E F G, formate colla catena una specie di armatura composta di cinque articolazioni. Siccome un tale sistema avrebbe certamente variato di forma sotto il carico della murazione, egli ha ovviato a tale inconveniente collegando i due punti C, E, colla catena, mediante gli ascialloni pendenti C D, E H; ma questo sistema non avrebbe presentato ancora sufficiente fermezza per resistere alle scosse prodotte dalle manovre della posatura delle pietre. Fu dunque adunque puntellare questi due ascialloni che formano come la chiave di tutto il sistema, col mezzo di contraffissi I, K, collocati in continuazione delle gambe di forza L, M, e della traversa N che ne riceve la spinta.

In un'arcata di così grande dimensione (100 piedi) i pezzi formanti i lati del poligono non avrebbero potuto mai aver bastante fermezza per resistere allo sforzo che il carico esercita sovr'essi perpendicolarmente alla sua lunghezza; conveniva adunque sollevarla nella loro portata. In quanto al mezzo nulla era di più facile, e i due contraffissi 1, 2, spingendo uno contro l'altro fra i due ascialloni in prolungamento di quelli che puntellano lateralmente il sistema, adempivano perfettamente lo scopo. Non poteva essere lo stesso circa i lati A B, B C, E F, F G: i travetti 3 e 4 e le gambe 5 e 6 erano i soli soccorsi che si potevano prendere dalla catena e dagli ascialloni, e questi appoggi non toccavano che al terzo della lunghezza dei pezzi: ridotti a due terzi, la loro portata sarebbe stata troppo grande, ma non si poteva trovare appoggio nei rinforzi che dopo aver consolidato qualche punto del sistema. Ecco con quale artificio l'autore è pervenuto a riempire questa indicazione: egli ha dapprima diviso lo spazio fra i due ascialloni con una chiave pendente a, b; quindi dal piede degli ascialloni ha diretto a destra e a manca i contraffissi c, d, e, f, che spingono da una parte contro la chiave pendente e dall'altra contro il mezzo dei grandi contraffissi I, K. Così sostenuti questi ultimi hanno potuto ricevere il piede dei monchi diretti perpendicolarmente su essi dai punti B, F, e nei quali vanno a commettersi i modiglioni che fortificano la parte dei puntoni rimasta senz'appoggio.

Varj travetti, mensole e puntoni concorrono con questi mezzi ad aumentare la resistenza sui diversi punti di tale armatura; ma in ultimo risultato tutti questi artifizj abbastanza ingegnosi d'altronde, non riescono che a formare un sistema più adatto alla armatura dei tetti che per una centinatura destinata a sostenere il peso della murazione di una gran volta. È lo stesso delle due altre figure di eremie proposte dall'autore per le volte ribassate: tutti i pezzi, come in questa, vi sono combinati con una certa dexterità procedente assai più dalla pratica che da veruna teoria.

Nell'aggiungere alcuna cosa al trattato sulle opere in legname ereditiamo non poter cominciare meglio che col dare i principj delle commessioni dei pezzi, desunti dall'opera di Krafft, perocchè queste entrano in qualunque sistema ed in ogni operazione dell'arte. « In certe opere di legname situate orizzontalmente, quando i pezzi di legno sono incrociati per sovrapposizione l'uno sull'altro, una caviechia è spesso sufficiente per tenerli fermi; ma quando i pezzi di legno debbono essere situati fra piani paralleli; quando uno termina contro l'altro o lo attraversa ad angolo retto od obliquamente, si fa duopo modellare la loro parte d'incontro per opcrarne l'unione, affinchè la faccia inferiore e la superiore si confondano coi piani che ne misurano l'altezza. *Intaccatura* è il nome generico delle unioni, ma queste incastrature o commessioni sono suscettibili di forme diverse, secondo le specie dei legnami, o secondo il posto che un pezzo occupa nell'opera: l'artista che compone un progetto non deve mai in ogni caso lasciarne la scelta all'operaio. — I pratici hanno dato alle varietà di forma delle intaccature nomi particolari dei quali segue la spiegazione.

Intaccatura a metà legno (Tavola II)

« **Caso 1.º** Quando due pezzi s'incrociano si procede come lo indicano le figure 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

« 1. I due pezzi di legno AB, figura 1, hanno una stessa altezza. — 2. Nella superficie superiore del pezzo A si è fatta un'intaccatura per la metà della sua altezza, figurata in c, d, e, f, g, h, i, j, figura 2, pezzo a; la lunghezza di questa intaccatura è eguale alla larghezza del pezzo B: questo stesso pezzo b avendo un'intaccatura simile, la loro unione si effettua come lo indica la figura 1. — 3. Nei pezzi AB, ab, figure 3 e 4, si sono tracciate simili intaccature: ma nel pezzo A a, dopo aver fatta una prima intaccatura un po' meno che a metà legno, si sono fatte due seconde intaccature laterali che possono penetrare alquanto più che a metà legno, riservando nel mezzo dell'intaccatura totale una nervatura proietta in a b c d, figura 3, che è figurata in c, d, e, f, g, h, i, j, figura 4. Così nel pezzo B b si è fatta dapprima una intaccatura generale, poi nel mezzo di questa una seconda intaccatura per accogliere la nervatura ed effettuare l'unione. — 4. Perciò bisogna aver cura che le dimensioni di tutte le facce d'incavatura sieno rispettivamente eguali a quelle delle parti conservate nell'altro pezzo. — 5. Nelle figure 5 e 6 si è soltanto incavata una porzione dell'altezza dell'intaccatura nel pezzo A a, ed è stata poscia terminata da due incavature proiette in a, b, c, d, e, f, colle facce verticali in forma di prismi triangolare, che compiono le profondità dell'intaccatura; e per l'occupazione del rinforzo conservato, si sono incavate nel pezzo B b, le infossature g, h, i, j, k, l, di forma e dimensioni eguali al rinforzo, cioè a doppia coda. — 6. Nelle figure 7 e 8 dopo avere scavata una parte della profondità dell'intaccatura del pezzo A, si sono fatti due incavi a prismi triangolari proietti in a c b, c e d, figura 7, e foggiali, figura 8, accanto alle facce verticali del pezzo e contigui coi loro spigoli in c; conservando pure due altri prismi triangolari simili, proietti in a e d, b e c, accanto alle altre due facce dell'intaccatura; e nel pezzo B b si è operato del pari conservando due prismi triangolari f g j, h i f, per l'occupazione delle prime incavature, ed incavandone due altre per situare le parti saglienti del pezzo A a.

« **Caso 2.°** Quando i pezzi di legno debbono essere commessi capo per capo, come nelle piattaforme ecc., si procede come indicano le figure 9, 10, 11, 12, 13 e 14. — 7. Il parallelogrammo $abcd$, figura 9, è la proiezione delle parti conservate nei pezzi B b, A a; dunque ab o ed misurano la lunghezza di ciascuna intaccatura, che essendovi incavata a metà legno, presenterà i due parallelogrammi $efgh$, $ijkl$, figura 10. — 8. figure 11 e 12. Eseguita un'intaccatura (γ) nel pezzo b, si trascierà all'estremità della parte conservata la lunghezza ab e in agguagliamento quella ed ; fatte le due incavature, rimarrà il prisma $efgh$, $ijkl$, la cui base è un trapezio chiamato coda di rondine; per metterla insieme fa duopo calcare nel pezzo A l'intaccatura mnp , $qrst$ (4). — 9. Figure 13 e 14. Le intaccature a metà legno non sono fatte nei pezzi A a, B b, come si è spiegato per le figure 9 e 10; si è conservata in coda, come si è spiegato per le figure 11 o 12, la metà circa della lunghezza di ciascuna delle parti conservate che debbono sovrapporsi; ma le incavature per ricevere le dette code debbono essere praticate nella parte di ciascun pezzo in cui lo spessore è rimasto intero, come $ijkl$, pezzo a, figura 14, e $klna$, pezzo b, figura stessa, ed accanto all'agguagliamento come lo indicano pure le loro proiezioni, $abcd$ pel pezzo A; e edf pel pezzo B, figura 13.

« **Caso 3.°** Quando uno dei pezzi si congiunge alla parte intermedia dell'altro. — 10. L'estremità del pezzo B deve essere riunita ad un punto qualunque del pezzo A. Le proiezioni, figure 15, 17, 19, 21 e 23, indicano cinque diversi processi per eseguire la commessura. — 11. *A semplice intaccatura a metà legno*: si fa nel pezzo A, figura 15, un'incavatura il cui quadrato $abcd$ è la proiezione orizzontale, la cui profondità è la metà dell'altezza del pezzo di legno; quest'incavatura è configurata in $efgh$, ij , kl ; pezzo a, figura 16. — 12. All'estremità del pezzo b, figura stessa, si è fatta un'intaccatura ij , kl , mn , anch'essa della metà dell'altezza del pezzo di legno: dopo l'unione, la parte conservata riempie l'incavatura $abcd$, figura 15. — 13. Si è intaccata l'estremità del pezzo b, figure 17 e 18, anch'essa per la metà dell'altezza, come si è spiegato (12); ma ai margini della parte conservata si sono levati due prismi a base triangolare per darle la forma di coda, $efgh$, $ijkl$; come si è spiegato (8). L'intaccatura $efgh$, del pezzo A è della stessa forma, mentre per far l'inserzione è duopo che le dimensioni di ciascuna faccia dell'incavatura sieno rispettivamente eguali a quelle delle parti sporgenti nell'altro pezzo (4). — 14. Effettuata l'intaccatura del pezzo b, figure 19 e 20, come si è già spiegato per la figura 15, si sono levati soltanto dalla parte conservata, due pezzi in forma di prisma a base triangolare igl , hrs alti la metà di detta parte conservata, onde si è formata la coda $grht$, $lsps$; le due parti delle conserve non diffornano la superficie superiore di questa commessura, che dopo l'inserzione somiglia quella della figura 15. Nel pezzo A l'intaccatura è stata fatta dapprima in forma di parallelogrammo ad un quarto di legno soltanto; poi si è fatta una seconda intaccatura a coda fino a metà legno. — 15. Figure 21 e 22. Questa commessura differisce da quella della figura 17 e 18 in quanto che nel pezzo b, figura 22, è stato conservato nella parte stretta della coda, ed a tre delle sue facce un filo di rinforzo jmn ; la proiezione orizzontale del detto filo è $dfoc$; quella della coda, $ghik$, ed $fahe$. — 16. Nel pezzo A, figura 23, si è tosto fatta un'incavatura $abcd$, di una

« dimensione minore della metà dell'altezza del pezzo di legno, come e i f], pezzo a, figura 24; ma per completare a metà legno l'incavatura del pezzo A, si è soltanto approfondato il parallelogrammo *a b f e*, indento anche da *g b* nel pezzo a. Nel pezzo b, figura 24, si è approfondata una seconda intaccatura per occupare la nervatura *g h i j* conservata nel pezzo A: perchè fu duopo che la dimensioni di ciascuna faccia delle incavature siano rispettivamente eguale a quelle delle parti sporgenti dell'altro pezzo. — Nei legni disposti verticalmente, si chiamano *inrasiamenti* le commesure onde sono riuniti per le estremità. — 17. *Proiezione di un palo di barriera*, figura 25, posto diagonalmente, nella qual pianta si scorge la larghezza e lo spessore del maschio. La figura 26 rappresenta la parte superiore del palo veduto in angolo; il suo maschio dalla parte larga e la sua *barba* allungata. La figura 27 è quella della parte superiore disposta pure diagonalmente con uno piaga nel suo spigolo inferiore. Le figure 28, 29 e 30 sono gli stessi pezzi, ma veduti sopra un altro angolo; vi si vede il maschio nel suo spessore e l'incavatura della piaga nella parte superiore. — 18. *Innesto a femmina intaccata e maschio a spalla*. La figura 31 è la proiezione della sezione superiore di un palo quadrato, incavato da una piaga in una delle faccie; la figura 32, il suo alato, e la figura 33 la parte inferiore del palo superiore col suo maschio. — *Osservazione*. Questa commessura ha luogo quando l'altezza non permette d'effettuare l'inserzione con un movimento in direzione verticale. — 19. Le figure 34, 35 e 36 sono parimenti rappresentazioni dettagliate di due pezzi di legno innestati a piaghe intaccate e maschio a squadra; commessura usitatissima per tre pali angulari, e si ha cura di stabilire al di fuori la faccie non impiegate. — 20. *Innesto a doppio inforamento*. Le figure 37, 38 e 39 sono relative ad un innesto a doppio inforamento formato di quattro piaghe intaccate e quattro maschi a spalla, uno per ciascuna faccia dei pezzi. Questa commessura poco usitata non è ora che un oggetto di curiosità. — 21. *Innesto ad orecchione o a cardine*. Questa maniera, figura 40, 41 e 42, di unire due pezzi di legno sarebbe la più perfetta, ma non è adoperata per la difficoltà di eseguire tal piaga. Vi si può notare il cardine o maschio come si eseguisce poi pali fissati sopra un dado o modiglione di pietra in una cavità appositamente preparata. »

Si potrebbero aggiungere i principi delle commesure anche oblique, ma crediamo che coloro i quali sono iniziati nell'arte, dai casi e metodi esposti sapranno agevolmente dedurre le varie maniere di unire i legnami in modo diverso dall'angolo retto. Quindi, invece di diffonderci su questa materia, abbiamo creduto non inutile aggiungerne nelle Tavole I, e K un sistema di copertura conica di legname per un campanile, la quale forma anche la guglia, acciò, come l'autore tratta di qualunque costruzione che serve di tetto e di decorazione, anche quest'unica non avesse a mancare. Questa combinazione è tolta dal Kraft (parte 5.^a Tavole 21 e 22) e rappresenta il tetto di un campanile, detto all'imperiale, portante una lanterna ed una freccia ottagonale che combina con una pianta quadrata. La figura 1, Tavola I, indica l'elevazione esterna, e la figura 1, Tavola K, la sezione. Le figure 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 sono le piante delle diverse parti prese ad altezze diverse indicate colla stesse lettere. Le figure 10 ed 11 indicano le commesure ed i rinforzi dei piedritti della lanterna: e le figure 12 e 13 i dettagli della costruzione delle arcate. Non occorre altro diffonderci su tale costruzione mentre le figure

stesse se fanno conoscere tutto l'artificio e le particolarità. — Ora però, giacchè siamo a parlare dei tetti, giacchè il nostro autore ha dato nella Tavola CIX un cavalletto inventato da Serlio, crediamo bene di offrire nella Tavola N diverse combinazioni di legname per ponti e per tetti di questo celebre architetto, lasciando alla saggeità dei lettori il giudicarne, mentre a noi basta presentar l'arte quale si trovava ai tempi di lui e le sue vedute in questo importante ramo di costruzione. Ecco in qual modo si esprime nel Libro VII, Cap. 73: « Per non mancare in parte alcuna, per quanto m'è caduto nella mente, di quelle cose che accidentalmente possono accadere all'architettura, non ho voluto restare eh' io non dimostrassi diverse invenzioni, le quali potrebbero beno accadere per coprire quegli edifici, le coperture dei quali saranno pendenti, sostenute da diverse armature di legname: come poi il fabbro e il legnaiuolo se ne saprà servire. Né mi affaticherò in narrare le misure di essi armamenti, perciocchè essendo in paesi diversi, e chi è più e chi meno molestato da venti, e più soggetto uno che l'altro ai ghiacci, alle nevi ed alle piogge, dove bisogna e più e meno pendenza alle coperture: tuttavia le figure che qua davanti si veggono, Tavola N, figure 1, 2, 4, sono nel modo che si accustomed in Italia. Delle quali (come ho detto) il maestro di legname se ne saprà accomodare secondo i luoghi, per la qual cosa io non darò altre misure sopra ciò.

E nel capo 75 dello stesso libro: « L'armamento qui davanti, figura 3, servirà per ogni lungo tratto da una muraglia all'altra e sarà fortissimo a sostenere ogni gran peso, e per virtù di quei ponconi i quali pendono all'inghiò, cioè quei diritti X, perciocchè sono fortificati da doppia forza. Massimamente quello di mezzo, la gran forza del quale è dal trave in giù per le due renne che contrastano col gran trave trasversale dall'uno all'altro muro. Ma quello che fa più forte quest'armatura sono i diritti pendenti segnati X, i quali sono tutti duplicati ed inebriati . . .

« La figura più a basso segnata A, B, C, D, E (figura 5) è cavata da quella di sopra (figura 3), delle quali se ne potrà fare un ponte in aria fortissimo, mentre però che alle ripe vi fossero i pilastri di pietra ben forti o veramente di buoni travamenti ben chiovati ed uniti insieme. I tre diritti segnati A dal piano del ponte inghiò saranno forati di pieghe quadre, entro le quali entreranno i legni trasversali di tanta lunghezza quanto sarà largo il ponte, e s'inchiederanno a maschio e femmina. La parte segnata C dinota le teste dei travicelli, i quali traverseranno il ponte; ma siano bene inchiovati con chiovelli sopra i travi che passano da una all'altra ripa, acciò che le forze siano tutte unite. I travi segnati B si poseranno sopra i modiglioni segnati F, e saranno appoggiati alle muraglie E, o pel traverso del ponte saranno de' travi segnati D, i quali entreranno ne' travi B a coda di rondine bene incavicchiati, ed ancora che nella figura non ve ne sia altro che uno per banda, nondimeno sarà meglio a mettervene tre per lato, acciò che un vento impetuoso non gli faccia violenza. Se il fiume sarà navigabile sarà bene a tenere il ponte tanto alto che i legni possano passar sotto, quando le acque saranno più in colmo. E se la riviera (come suole per esperienza) degli abitanti del paese, de' quali ve n'è sempre de' vecchi che hanno gran ricordanza; o per lo detto de' vecchi passati i travi dai lati appoggiati alle ripe supereranno il ponte di 10 piedi, quelli di mezzo il ponte saranno sopra esso piedi cinque, quelli fra quei di mezzo e gli angolari saranno piedi 7 sopra 'l piano del ponte; ai lati del

« quale saranno poi appoggiati, cioè che gli uomini e le bestie non precipitino nel fiume, ed anche saria pericoloso dalli venti impetuosi. »

E per dare una prova dello stato attuale dell'arte riguardo alle coperture dei grandi edifici, col sistema dei cavalletti daremo nella figura 6, Tavola suddetta, il disegno di un'armatura immaginata e descritta dal Bruyero ne'suoi studi relativi alle Costruzioni, Raccolta 2.^a

« Fra gli studi di cui mi sono occupato trovasi quello di un tetto largo 50 metri ed alto il quinto della larghezza. Vedesi il disegno di un cavalletto di questo tetto (fig. 6 Tav. N) ed il sistema adottato nella disposizione dei legnami componenti quest'armatura risulta da molte considerazioni, la prima delle quali non può essere pienamente giustificata che dietro l'esame degli scienziati avvezzi ad applicare la teoria alle costruzioni. Qui dunque mi limiterò ad esporre alcuni dei motivi che mi hanno diretto in questo progetto.

« Le armature dei piccioli tetti a due piovanti consistono d'ordinario in tre pezzi di legno che colla loro riunione presentano la forma di un triangolo la cui base orizzontale si chiama catena, e i due lati inclinati puntoni. Questi due puntoni si appoggiano l'uno contro l'altro alla loro sommità, e sono commessi al loro piede nella catena che deve resistere alla forza di tramento esercitata dai primi in ragione del peso che debbono sostenere e del grado della loro inclinazione. Nei tetti più comuni, le catene, quasi sempre di un sol pezzo, hanno dimensioni che eccedono la sufficiente a resistere al tramento; ma quando i tetti sono di grandezza molto considerevole, conviene prendere le maggiori precauzioni per assicurarsi della resistenza delle catene di ciascun cavalletto, specialmente nei punti di riunione dei pezzi di legno alle loro estremità. Ciò divenne evidentissimo per quello che accadde a quello che cavalletto della Sala d'esercizio di Mosca, accidente dovuto quasi del tutto ai vizii delle commessure dette a zig-zag, che riducono a meno della metà la sezione trasversale del legno già indebolito dai fori delle caviglie. Per diminuire il meno possibile la sezione e quindi la resistenza dei pezzi di legno, propongo di sostituire alle commessure le caviglie esterne ed orizzontali indicate nella figura suddetta.

« La sezione dei legnami nelle parti più deboli essendo stata determinata in modo da poter resistere agli sforzi del tramento, quella delle quattro caviglie deve quindi offrire la stessa resistenza; cioè che le sezioni trasversali dei legnami e dei ferri sieno nel rapporto delle resistenze rispettive dei due materiali.

« Nei tetti comuni i puntoni sono il più spesso considerati come bastantemente rigidi, ma quando la lunghezza di questi puntoni oltrepassa certi limiti, si ricorre, acciò non piegino sotto il proprio peso e sotto quello che debbono sostenere, a pezzi di riempimento. Quelli che sembrano convair meglio sono situati orizzontalmente e portano il nome di false catene o di traverse. Altri pezzi od ascialloni verticali partendo dal punto di riunione dei puntoni colle false catene servono a sostenere le catene inferiori. Il peso sostenuto da questi ascialloni si decompone in due forze una delle quali agisce nella direzione dei puntoni e l'altra in quella delle false catene; facendo osservare che quest'ultima è distrutta dalla forza opposta che è ad essa eguale. Questa disposizione seguita in alcuni tetti in Italia ed in Francia, e adottata da M. Bétancourt, è riprodotta in questo progetto, ma ho impiegato per

« riunire i posti di legno le stesse caviechie esterne ed orizzontali già proposte per la
 « catena principale. Questo mezzo di unire sembrami avere per primo vantaggio quello
 « di opporsi alla disunione delle false catene e dei puntoni, e di riunire tutti i legnami
 « che compongono il cavalletto per non formare che un corpo solo; ma credo poter
 « aggiungere che nel caso io cui la principale catena avesse ad allungarsi sensibil-
 « mente per effetto del tramento, la falsa catena immediatamente superiore comin-
 « rebbe a partecipare agli effetti di questo tramento, e così di seguito per le false catene
 « al di sopra della prima. Ma questa opinione, che non è che una specie di presun-
 « zione, ha bisogno, come ho già detto, di essere appoggiata ad esperienze e calcoli
 « positivi, di cui la mia situazione mi rende incapace. »

Sarebbe vastissimo campo la materia dei ponti di legnami, perocchè in questi ul-
 timi tempi l'arte di costruirli è oltremodo avanzata; ma per non fraudare altrui il
 merito delle proprie commendevoli fatiche e per la certezza di non poter meglio adem-
 piere lo scopo, mi fuccio dovere di citare a tale proposito quanto ne dice il chiaro
 Signor Ingegnere Eusebio Molinatti, Ufficiale nel Corpo Reale del Genio Civile di Sar-
 degna, nel suo opuscolo sopra l'importanza dei ponti di legno:

« Noi dobbiamo al celebre architetto Palladio la prima idea de' ponti, che permet-
 « tono di dare alle travate una grande apertura, senza porre nessuno de' suoi legnami
 « costituenti all'urto de' colpi spinti dalla corrente. Le felici disposizioni, che offrono
 « la sue invenzioni, sono di facile esequimento, e promettono molti vantaggi d'impor-
 « tanza; tuttavia in Francia, ove li ponti in legno si sono nel vertente secolo assai
 « moltiplicati, non se ne fecero se non se ben poche applicazioni: si credette di sove-
 « nire al difetto di lunghezza nei legnami con una combinazione di puntoni, e di sot-
 « toni assicurati con asciaioni o fascie; ma la breve durata de' ponti, costruttisi in
 « questo modo, e che chiamansi anche ponti ad impalcatura armata, provò che il
 « sistema era difettoso, e nessuno di essi poté pareggiare la semplicità dei metodi di
 « Palladio: nulladimeno per una successività di meccaniche ed ingegnose considerazioni,
 « sorsero, come per incanto, li varii generi di armature, di cui l'architettura è ora ar-
 « ricchita, e de' quali può averci conoscenza dalle opere esime del già citato *Gawhey*,
 « e del Professore *Cavalieri*, autore che seppe nelle sue recenti istituzioni architet-
 « toniche, statiche ed idrauliche, stampate in Bologna, 1811, riunire con brevità
 « e tutta chiarezza il più utile ed il più essenziale da conoscersi per la pratica di
 « quelle tre scienze. Fra li tanti sistemi, che al genio ognora crescente dobbiamo,
 « merita a senso di varii autori particolare distinzione quello de' ponti arcuati, o ad
 « arconi, il quale si colloca nel novero delle invenzioni della moderna architettura,
 « tutto che dal poete *Trojanus*, da varii ponti in uso nella Cina, non che da uno di
 « quelli di *Palladio*, si fosse potuta derivare una tale idea; ma è cosa anche pro-
 « babile ch'essa siasi derivata dai ponti alla *Perrovet*, in Francia, e da quelli in In-
 « ghilterra come di Kingston sul Tamigi, Tavola L, figura 1, cioè poligonali, nei
 « quali siasi supposta accresciuto all'infinito il numero de' lati, in modo che questo si
 « converta in una curva.

« Li ponti a centini sono di facile e semplice costruzione, sòdi, poco dispendiosi,
 « esigono pochi legnami di certa lunghezza, e permettono di tener le *passive* del-
 « l'ampiegata che si desidera.

« Il bellissimo ponte di Bamberg sopra *Regnitz*, Tavola M, figura 1, in Francia, « è un arco di metri 71, 80 di corda, e difficilmente ci accade di doverne impiegare « una maggiore.

« Il primo saggio, che se n'ebbe in Europa, fu nel ponte di *Chasey*, Tavola L, « figura 4, fabbricatosi sul fiume *din* in Francia con quattro travate di metri 19, 50 « l'una, nè prima del 1794 si propagò questa maniera di armature. Si chiamarono « poscia ponti *Wickelmanni* (1) poichè nessun altro ingegnere più di lui estese l'im- « piego delle travi centinate nella costruzione de' ponti legnosi. Nel breve periodo di « tre anni 1807, 1808, 1809 si sono vedute per opera di *Wickelking* molte ingegnosa « applicazioni in Baviera di lui patria; e per l'ultima loro riuscita misero a giusto ti- « tolo in gran credito il nuovo sistema per tutta l'Europa.

« La precedenza però, che si crederrebbe di poter dare ai ponti *Wickelmanni* sopra « tutt'altro genere di costruzione, viene in certo modo contrastata dal sullodato Pro- « fessore *Cavalieri*. Egli asseriva che questi furono di brevissima durata; che da vari « anni, all'epoca in cui egli scriveva, non esistevano più di questi ponti; che essen- « dosi dapprima opinato che il sollecito discadimento di essi fosse derivato dalla poca « curvatura degli arconi a confronto della grande estensione della travate, molti altri « ponti dello stesso genere, vennero costrutti in Francia negli ultimi tempi con travate « non più lunghe di 20 in 25 metri; ma che essi diedero a conoscere un altro vizio « essenziale, per cui il sistema è recato inevitabilmente ad un prematuro fine. Quello « si è che gli arconi si vengono a poco a poco ritirando, e che la costruzione de' me- « desimi, producendo un corrispondente abbassamento nel mezzo del castello, giunge « a segno di porre in compromesso la sicurezza del ponte, e di renderlo inservibile « assai prima dell'epoca, in cui sarebbe dovuto di ripristinare l'edifizio in vista del « naturale deterioramento del legname di cui è formato.

« Li suddetti rilievi del dotto scrittore sono di grave importanza, e vanno certe- « mente tenuti a calcolo ogni volta che si tratterà di adottare questo sistema nella « costruzione di qualche ponte; solo azzarderò di esporre alcune considerazioni intorno « alle cause, che possono produrre li suddetti inconvenienti, a sul modo di preve- « nirli, onde sostenere quell'idea vantaggiosa, che si ebbe sin ora del medesimo, e « avendolo preso a genio dopo che nella mia qualità, e con gradimento superiore, in « l'introdussi in questi Regi Stati, mi trovai in posizione di scuoprare alcune sorgenti, « che possono forse influire assai più o men pronto deterioramento.

« La struttura de' ponti, di cui si discorre, imitando in sostanza quegli in *mura- « tura ad arco di circolo*, che sono li più stimati, mi sembra che essa possa anche « ritenersi per la più perfetta di tutte le altre, in considerazione ad un tempo che li « legnami sono ivi assai più favorevolmente impiegati e commessi; che l'esecuzione « n'è facile; che essa ha un nobile e gentile aspetto; che l'applicazione n'è generale; « che vi si può ammettere qualsivoglia larghezza, e finalmente perchè essa pone li « principali punti di sostegno al riparo degli insulti, che dalla gente male intenzionata « si potrebbero temere; condizioni queste di gran momento, e che non sono nè sem- « pre, nè tutte adempiute, massime le due ultime, nei ponti ad armature, in cui

(1) Vedi l'Opera di *Wickelking* stampata in Monaco nel 1810.

« generalmente, fuorché nei *Palladiani*, si vede un intreccio moltiplicato di legnami, che va fino alla confusione, a misura che l'ampiezza del varco cresce; per lo che l'occhio non resta piacevolmente soddisfatto, e la loro durata diviene più precaria.

« Ma per riesire nell'applicazione de' ponti *centinati*, si è riconosciuto essere indispensabile di allontanarsi alcun poco dalle regole, che si potrebbero dedurre da molti di quelli, che sin ora sono stati costrutti o proposti: la sagitta dei ponti *Wierbickiani*, che sono in numero di dieci, è troppo scarsa io ragione dell'ampiezza dell'arco, e dell'elasticità del legname: la maggiore di esse non giunge neppure al decimo della corda, hante questo, che dovrebbe essere il minimo, e va quindi diminuendo sia circa il diciottesimo: il che si conferma nel ponte d'*Irsinga* sulla *Vertach*. Lo spessore verticale degli arconi pecca egualmente per difetto: oel già citato ponte di *Bamberg*, di metri 71, 80 di luce, essi non hanno alla chiave che tre corsi di curve dell'altezza di centim. 36 a 39: l'esperienza insegna ora che i migliori arconi debbono esser quelli, in cui lo spessore verticale sia almeno compreso tra il ventesimo e trentesimo della corda, secondo le qualità e bontà del legno, la maggiore o minore depressione dell'arco; e che lo spessore sin lo stesso per tutta la lunghezza del medesimo senza nessuna di quelle interruzioni, che sono state osservate in alcuni ponti di questo genere, come sarebbe per esempio oel ponte di *Chazzy* sopra l'*Ain*, ed in quello di *Tournaiz* sulla *Sûre*, Tavola L, figura 2, costrutti in Francia, nei quali gli arconi terminano con un corso di curva di meno all'imposta, di quel che ora abbiano alla chiave.

« Ritenute queste norme, colle quali si va già non poco all'incontro degli sconcerti riferiti dal signor Professore *Cavalieri*, sarà ancor opportuno per evitarli totalmente di avere presente quanto concerne il numero de' bolzoni, quello degli accialloni, l'eccedente di sagitta, che non vada mai minore di un mezzo centimetro per ogni metro di lunghezza dell'arco, per avere appunto riguardo al cedimento; e le diligenze da osservarsi oel lavoro de' leguami, di che ho fatto cenno sulla mia Memoria de' ponti misti (1).

« Quando dunque gli arconi di un ponte abbiano una sagitta proporzionata come si è detto, che siano di buona qualità di legno, lavorati e commessi in debita forma, che abbiano un competente spessore verticale, che li bolzoni, e gli accialloni sieno in numero sufficiente per tenere sempre ben riuniti fra di loro li varii corsi di curvature, che si usino anche delle premunzioni per l'inverniciatura, e finalmente che i loro ponti d'appoggio siano sicuri o ben riparati, si potrà allora arditamente stabilirli le altre parti complementive del ponte, sulle quali non mi occorre di arrestarmi; ed essere tranquilli che l'opera risarcirà sola, e di quella maggior durata, che può sperarsi da un ponte in legno, sempreché si abbiano per esso le solite giornaliere attenzioni per andar tosto al riparo dei minimi guasti, che per qualunque causa potessero nascervi.

« Mi rimane presentemente a parlare del nuovo sistema de' ponti arcuati da me immaginato; ed osservare farò prima di tutto che non ostante il risparmio notabile, che offrono li ponti in legno a fronte di quelli in muratura, allora massime che si tratta di varcare grandi fiumi o torrenti (na' quali casi si è osservato essere opportuni

(1) Vedi Propagatore, fascicolo di Aprile 1857.

« li ponti ad arconi), tuttavia per la sola necessità di dovere in essi costruire le coscie, o testate in muratura, e generalmente anche le pile, e d'impiegarvi varie armature secondo l'ampiezza della via, dovendo l'intervallo fra di loro non mai eccedere di molto li due metri, resta sovente impossibile a più Committiti di sostenerne la spesa, la quale può riescire assai grave in considerazione anche delle difficoltà, che rimangono da superarsi per fondare le testate o le pile. Ciò succede per esempio nella Comba di Susa; attraversata in tutta la sua lunghezza dal fiume *Dora riparia*, il letto del quale è di ampiezza media metri 65 circa, di fondo generalmente infelice, mentre l'influsione dei pali può giungere in certi punti sino alla profondità di 14 metri sotto il livello delle basse acque, ove la calce e le pietre sono discoste da tre in quattro mille metri circa, ove il buon legno di costruzione (1) proviene dalla distanza di quindici miglia di Piemonte, ove finalmente la mano d'opera è preziosa. Ciò posto, o bisogna quivi, ed in simili località, rinunziare allo stabilimento delle comunicazioni tanto necessarie, od appigliarsi al leggiero sistema, chiamato a scem-plice impalcatura, e ricadere così nel grave inconveniente di una moltiplicazione di palate di cui più sopra si sono accennati li tristi effetti, motivo per cui non si dovrebbero mai tollerare se non se per lavori provvisori, ad in posizioni meno sfavorevoli.

« Nel sistema che propongo (si veggia la figura 3 della Tav. M.), restano appianate le principali delle surriferite difficoltà; il legno ed il ferro sono li soli materiali che esso richiegga: due arconi *c*, e per passiva, bastano per formare una via non mai minore dell'ordinaria larghezza di metri 8, e che può essere accresciuta, qualora il caso lo esigesse. Li sactoni *d, d, d*, che puntano sulle doppie aste verticali *c, c*, limitate al coronamento dell'architrave, e sotto li traversoni *f, f*, riempiono con molta economia l'ufficio degli altri arconi che si risparmierebbero. Le palate *g, g*, che variano di struttura da quella *Hieckiana*, stata impiegata al ponte di *Freyzingen*, Tavola L, figura 5, e ponte di *Nevötingen* sull'Inn, figura 3, e che viene meritamente proposta per modello, si compongono di quattordici colonne, di riquadratura, centimetri 40: esse sono in tre ordini paralleli ed egualmente distanti l'uno dall'altro, disposti nel senso normale all'asse del ponte: il centrale ne contiene due di più, collocati l'una a monte, ed il secondo a valle, coi quali si forma il tagliacqua, o rostro, facendo per tal modo prendere alla palette la vera forma di una pala. Nel senso parallelo poi all'asse le dodici altre colonne si distribuiscono in quattro file di tre colonne l'una, ed anche egualmente scostate l'una dall'altra; le due estreme di esse sono perfettamente in corrispondenza cogli arconi. Questo sistema così combinato di pali viene consolidato da doppie fasce disposte orizzontalmente al livello delle massime acque, non che rudenti il fondo dell'alveo tanto nel senso normale, quanto parallelamente all'asse del ponte; altre doppie fasce inclinate contribuiscono poi al sostegno delle fasce superiori; li pali circostanti terminano all'altezza degli ultimi scialloni. Li quattro pali centrali debbono sorreggere l'impalcatura; epperò sono coronati da un corrente o cappello, che li congiunge scambievolmente; dal cappello si fa opportunamente per lo più sostenere un cuscino, che

(1) Questo legno è tutto di larice. *Finus larix* Linn. Mesico in vernacolo.

« verrebbe poi puntato dai due saettoni A, A, e destinato al sostentamento dell'architrave, che corona gli arconi: ma sul piano il cuscino non è stato indicato; il vuoto « fra un palo e l'altro circostato, è riempito da tavoloni aguzzati all'una delle loro « estremità, per essere infissi nel suolo: alla loro testa e verso la base essi sono tenuti « in sesto dalle doppie fasce: il cappuccio *f, f*, retto dagli asciaioni superiori, e che « gira tutto all'intorno della palata, ha la forma di una piramide di base poligonale, « i cui piani inclinati si dirigono al centro dell'arcone, del quale formano rispet- « tivamente il pulvinare, congiungendosi sulla fila centrale di colonna, normale all'asse « del ponte. Questo cappuccio si compone di due pezzi simmetrici riuniti nel senso ver- « ticale, ed in direzione del loro maggior lato, assicurato poi con chiodi e a viti: « quando ogni pezzo non si potesse ottenere di un sol tronco, allora essi si compor- « rebbero di uno o più strati orizzontali secondo l'altezza del cappuccio, il quale va « formato con legno ben duro e scelto di ottima qualità.

« La testa degli arconi è trattuta in posizione sul cappuccio da una corna *m, m*, « a cui ho dato l'altezza di cent. 40, la quale, se si credesse però insufficiente, po- « trebbe essere accresciuta quanto si desiderasse, avvertendo soltanto di tener più lun- « ghe le doppie fasce trasversali dei pali, le quali vengono anche strette dalle stesse « corse, che s'incavigliano ai chiodi ed ai pali centrali; a volendolo, anche al cu- « scino a persino all'architrave.

« La medesima struttura per sostenere il ponte si praticherà alle testate, colla sola « differenza che quivi per resistere alla spinta degli arconi si è immaginato d'impiantare « tarvi in vece della muraglia un'armatura alla foggia degli speroni diretti nel senso « stesso degli arconi ch'esso sospinge; essa è composta di sei colonne legate supe- « riormente con un cappello, che declina dalla sommità del cappuccio verso terra, se- « condo la tangente dell'arcone, ed inferiormente, parallelamente al medesimo, da « due doppie fasce, che puntano sopra una terza, disposta orizzontalmente al livello « del fondo dell'alveo. L'armatura così formata, e debitamente assicurata con chia- « vardi di ferro, viene circondata da ogni lato con terra piuttosto grossa, ben asset- « tata e battuta con replicati colpi di maglio a strati sottili. Nella parte esposta alla « corrente, la *terrapienatura* si cuopre con rivestimento a scarpa, fatto di pietre stra- « tiformi *rusticate* colla punta nelle loro faccie, ed almeno con la muratura d'opera « incerta, la cui fondazione siano spinte al di sotto del fondo dell'alveo, la quale si « può ancora fortificare per mezzo di una scogliera collocata sul davanti.

« Tutto che non si abbiano esperienze circa la resistenza dei pali, fitti nel terreno, « alle pressioni laterali, nulladimeno la stabilità di questa forma di testata non può « essere messa in dubbio, poichè li pali fitti a discreta profondità nel terreno possono « sopporli di resistenza invincibile, purchè essi siano in un fondo stabile, e che s'im- « pedisca con opere (se inducenti all'acqua) la corrosione della terra, che li circonda; « difetto non vi è moto nel palo, senza che vi succeda un slamento di terra dalla « parte, che esso potesse manifestarsi; e quest'alsamento non avrà mai luogo per la « gagliarda resistenza delle terre, sia col loro proprio peso, che colla loro tenacità: lo « stesso devo dirsi quand'anche la potenza fosse applicata al palo in un punto supe- « riore al costrutto del suolo naturale, perchè il legno, di cui li pali sono fatti, è di « tenacità tale, e tale è la loro grossezza, che non possono rompere in nessuno dei

« loro punti esterni: ora se un sol palo è capace di tanta resistenza, quanta sarà mai
 « quella di un sistema di essi riuniti scambievolmente, come lo sono nello sperone
 « che ho descritto?

« Prescindo di trattenermi sulle altre parti costituenti il ponte, nelle quali esso
 « non differisce gran cosa da alcuni altri già conosciuti in questo genere; noterò
 « soltanto ancora che una particolarità interessante di questo sistema è quella di non
 « richiedere per la sua costruzione se non se una specie di operai, cioè una squadra
 « di buoni carpentieri, i quali non sono rari nelle provincie, in cui il legname è ab-
 « bondante (1).

Resterebbe a dir qualche cosa sulle cretture, ma siccome tanto se ne è par-
 lato da tanti autori che il modo di armare i ponti di pietra o di struttura murale è
 conosciutissimo, benchè sia cosa che in ogni caso meriti speciale attenzione, non sa-
 rebbe da discorrere se non del modo di disarmarli. Sull'qual cosa mi farò lecito pub-
 blicare in attestato di quanto io stimi l'autore, parte di una Memoria inedita del sul-
 lodato Ingegnere Molinatti, intitolata: — Cenni istorici sui ponti a grand'archi di strut-
 tura murale, e Saggio di nuovo metodo per eseguirne il disarmamento, — di cui mi
 fece cortesissimo dono, degnandosi ricercare il mio parere, quantunque di nessun mo-
 mento: qual sia pertanto la mia opinione si vede chiarissimo dal qui produrre quel
 dotto lavoro credendo che la sua invenzione possa venire a molto vantaggio della pra-
 tica. Ecco in qual modo si esprime:

« Il disarmamento è l'operazione di cui voglio parlare. Ella è che occupò la mente
 « di molti architetti altrettanto chiari d'ingegno che di sapere, e quella di abili costrut-
 « tori, che consacrarono molte lor veglie all'intento di somministrarci de' metodi sem-
 « plici e facili per effettuarla senza rompere in pericolosi seogli giganteschi, e con tutti
 « li principj dell'arte, procurando cioè all'arco un cedimento uniforme e regolato da
 « un moto che sia in nostro potere di moderare, accelerare o sopprimere secondo le
 « circostanze, dei metodi in somma che permettano una rigorosa osservanza di tutte le
 « cautele ed avvertenze state consigliate dalla lunga esperienza, ond'ottenere senza
 « nessuna incertezza che l'arco si assetti definitivamente e che non vada sottoposto
 « ad alcuna deforme alterazione nè ad altri consimili irreparabili sconcerti, che hanno
 « qualche volta anche per dolorosa conseguenza la rovina dell'edifizio.

« Il problema è adunque egualmente interessante che di ostrusa soluzione; ma
 « quella non si possiede ancora che soddisfaccia perfettamente a tutte le singole con-
 « dizioni. Non è già ch'io presuma d'averla ritrovata, ma un'idea nuova, quale giudico
 « essere la mia, se pur non mi lusingo di troppo, potrebbe avere del buono, e segnare
 « per avventura a più di me abile e fortunato ingegno una strada men lunga e più
 « sicura per ottenere il preciso intento. Il perchè risolsi di esporla tal quale fu da me
 « concepita.

« Giova per altro eb'io la faccia precedere da una rapida esposizione de' principali
 « metodi che abbiamo sul disarmamento de' ponti, onde così stabilire un utile confronto

(1) La spesa occorrente nella Provincia di Suva per un ponte, tal quale io l'ho disegnato, non
 eccederebbe sicuramente la somma di L. 40 mila, della quale un ottavo per lo meno sarebbe per
 valore del ferro.

« che condurrà naturalmente a formarsi tosto una giusta opinione sulla bontà ed insussistenza del mio a petto di quelli che lo precedettero.

« Fra li scrittori autorevoli che trattarono sull'armamento e disarmamento dei ponti, il Perronet, nostro immortale legislatore, ed il Gauthier, sono quelli che lo fecero più diffusamente di nessun altro, e ci somministrarono in proposito le più estese ed importanti notizie. Noi apprendiamo dalle loro belle e dotte istruzioni che il modo di armare andò sempre via acquistando nuovi gradi di perfezione, in guisa che a giorni nostri, valendoci dei calcoli e delle diligenze che la statica e l'esperienza c' insegnano, si possono con esito sicuro vincere, direi quasi, tutte le più spinose difficoltà inerenti alla natura dell'opera ed alle circostanze varie di località. Lo stesso progresso, a parer mio, non si riscontra poi riguardo ai metodi sul disarmamento: nessuno ci riferisce quali sieno stati quelli degli antichi, ma tutto c' induce a pensare che ben poco diversi dai nostri essi fossero.

« In due maniere pertanto si riesce oggi a rendere indipendente l'arco dall'armatura; l'una ha per scopo d' isolare successivamente ogni filare di cunei disposto nel senso normale alla corda dell' arco, e l' altra di abbassare in corpo ciascheduna centina o fermezza.

« La prima, che sembra praticata più dell' altra, si prepara a si effettua nel seguente modo.

« L' arco viene costruito disponendo ogni corso di cunei sopra un dossale, ed all' occasione del disarmamento si levano li dossali simmetricamente uno per parte, principiando dalle imposte e salendo successivamente verso la chiave. Dagli antichi si eseguiva con qualche differenza, perchè si alternava l' estrazione di ogni coppia di dossali, e ripetevansi la medesima operazione finchè li dossali fossero tutti estratti: con questo metodo si riconobbe difettoso, e venne perciò abbandonato.

« Questo principio suppone una perfezione ed una fermezza nell'armatura che non è mai possibile di raggiungere, quindi si è che in pratica per collocare li cunei di pietra nel preciso livello a cui deve sostenersi ogni lor corso, ed assicurarsi in oltre che l' estrazione dei dossali riesca quindi senza invincibili difficoltà, s' interpongono sempre delle biette o cuscinetti fra la centina ed il dossale, e fra quest' ultimo e l' intradosso del volto. Ma perchè generalmente la gagliarda pressione dei cunei non permette più l' estrazione delle medesime, queste si vanno poco a poco distruggendo colto scalpello, ed a misura che con tal mezzo si rimuove un dossale, questi si ripianza con shadacchi, che s' interpongono fra la centina ed il volto.

« Ridotto così l' arco a sostreggersi sui soli shadacchi, si tolgono di poi anch' essi consumandone ed indebolendone la punta gradatamente, in modo che restino rebbaciati sotto la compressione della volta, e che la medesima perfettamente assetata cessi di premerli, ed esoneri le fermezze dal suo peso per poterle facilmente a liberamente demolire. Il secondo metodo tende a disarmare in massa. Ed a perciò molto acconio al caso di archi sensibilmente staccati, poichè allora l' impiego del primo metodo si rende quasi impossibile per cagion dello straordinario sforzo che l' arco esercita sull'armatura; consiste il medesimo nel rilassare bel bello li punti di sostegno dell'armatura onde promuoverne la discesa, impiegando per quest' effetto diversi temperamenti che andremo successivamente descrivendo.

« Nel ponte di Nemours in Francia sul Loire, gli archi ebe lo componevano sono considerevolmente depressi, mentre la loro sesto non giunge alla 17.^a parte della corda. La sua armatura era a tre ordini di puntoni legati con scialloni doppi. Esso fu disarmato distruggendo collo scalpello le estremità del secondo e terzo ordine, or essi si commettevano coi sostegni verticali o colle così dette gambe di forza. La centina, che per tal modo si trovò ridotta a ooo sostenersi più che colla prima serie superiore di puntoni, cedette quanto fu necessario per permettere di levarla con facilità le biette, li cuscinii, e li dossali, cioè per sciogliere l'arco dall'armatura.

« Pitrou aveva già proposto un nuovo mezzo per disarmare in massa il ponte di Blois sulla Loire. Ogni sua centina si componeva di due parti separate eguali e simmetriche che terminavano con un monaco alla chiave. Li due monachi non erano in un mediatto contatto, ma reggevasi scambievolmente per l'intermedio di biette che si erano forzatamente introdotte fra l'uno e l'altro. Dopo la costruzione, queste biette furono appoco appoco distrutte, e le due porzioni di centina si separarono senza scosse dalla volta, lasciando così la facoltà di togliere le zeppe e li dossali.

« Invece di consumare, come si è detto, li punti d'appoggio per abbassare l'armatura, si preferisce sovente l'ingegnoso ripiego dei cunei, ebe, come si vedrà in appresso, è anche di un'utile applicazione nel surriferito primo metodo di disarmamento, sostituendo cioè li cunei alle biette od ai cuscinetti che s'interpongono fra la centina ed i dossali: allora il successo dell'operazione è meno incerto. Ma bisogna condurla con somma prudenza, regolarità e dolcezza.

« L'uso de' cunei riescì felicemente nel disarmamento del sopra lodato ponte di Dora, ed io non saprei come meglio darne un'idea bastantemente distinta se non che rammentando io succinta spiegazione il sostanziale procedimento di tale operazione, giacchè fu quasi omniaamente consimile a quanto erasi già praticato dai costruttori francesi per disarmare il ponte di Jena.

« L'intera armatura di quell'arco magnifico (veggasi il profilo, Tavola O, figura 2), componevasi di dieci centine poligonali, fatte cioè sul sistema Perronetiano e collegate insieme con n.^o 17 traverse doppie orizzontali (a, a, a . . .) ogni fermezza, composta di cinque ordini di puntoni (1, 2, 3, 4, 5) senza contarvi quello ebe stabiliva la sua convessità (6) era tenuta in sesto da n.^o 17 stappe pendenti doppie, (b, b, b . . .) e reggevasi sopra gambe di forza (c, c) piantate verticalmente contro li spalloni, alle quali veceivano a incastrarsi a doiti lo sesto tre dei puntoni estremi appartenenti al primo, terzo e quinto ordine, contando pel primo l'inferiore.

« Come terzo punto d'appoggio di ogni fermezza, sorgeva dal suolo, al di sotto della medesima, ed in sulla metà dell'alveo, un castello composto di tre pali (d, d, d) piantati a rifiuto nel senso verticale ed egualmente discosti fra di loro. Risultavano in questo modo tre ordini di dieci pali caduno trasversalmente al ponte, e dieci di tre nel suo parallelo al suo asse, tutti elevati a data altezza sopra li piasoi delle acque magre. Ciaschedun ordine di tre pali veniva coronato da un cappello od architrave (e) commessovi a maschio e femmina, e quelli di dieci pali legavansi con una catena (f, f, f) collocata sugli architravi ed intagliata di qualche centimetro. All'incontro di essi sulle catene, ed in corrispondenza di ogni palo sorgeva un scialloni (g, g, g), che elevato verticalmente sino alla sommità della centina vi

« faceva l'ufficio di staffa pendente. Ad una data distanza sopra degli architravi ogni serie di tre pali, quanto quelle di dieci, erano legate con un assialone doppio orizzontale (i, i.)

« Il castello terminava col rinforzo di otto sacche (b, b. . .) che, dipartendosi dai pali, andavano a puntare sotto le centine. Finalmente è da notarsi che nell'atto della costruzione dell'arco non si poté prescindere di aggiungere all'armatura altri sostegni (m, m.) tramezzanti l'imposta ed il castello, e che si componevano di un palo fitto nel suolo da cui diramavansi due bracci a sasettoni per puntare anch'essi sotto gli arcioni.

« Mediante queste poche nozioni, che si sono premesse sulla struttura dell'armamento del ponte, si concepirà facilmente quanto sono per dire del modo con cui si provvede anticipatamente per disarmarlo, e come si pervenne a sciogliere l'armatura dal vólo dopo che fu collocata la sua chiave a lasciarla questa alcun tempo in riposo.

« Li puntoni ideastati nelle gambe di forza, e con essi la massa delle centine, avevano la facoltà di abbassarsi nel loro incastro sul senso verticale, senveendo contro un foglio di lamiera che vi si era introdotto, lo cui superficie erasi resa più liscia per mezzo di una insaponata: ma erano trattenuti da due cunei sottostanti (n, n. . .) in contatto fra di loro, disposti però lo senso contrario l'uso dell'altro io piano orizzontale, parallelamente alla faccia della spallone, e sorretti da un dente preparata nelle gambe di forza.

« Nel sostegno centrale dell'armatura, vale a dire nel castello sopra descritto, li cunei (o, n, o) sostenevano li cappelli od architravi. Ogni palo ne portava due eppie disposte precisamente come li primi, una per mascella del maschio, il quale non penetrava che di cinque centimetri nel cappello, quantunque la mortasa ne attraversasse tutto lo spessore, che fosse cioè dell'altezza di centimetri 40, affinché vi rimanesse uno spazioso margine per potervi abbassare la parte superiore del castello nel modo che or ora sarà spiegata.

« Da questa disposizione ne deriva, che tutta l'armatura del ponte reggevasi sopra un sistema di cunei destinati ad essere a suo tempo ammassi per farlo cedere in massa di un'altezza misurata dalla spesa di ogni copia di cunei, il quale riducevasi a cent. 14 in 15, non ostante che li cunei presi separatamente avessero cent. 8 a 9 in testa e cent. 6 in punta.

« Giunto il tempo del disarmamento, si principiò per rimuovere li sostegni (m, m.) introdotti tra il castello e le imposte, dal mollar li bolroni, e levar via dal secondo e quarto ordine di puntoni quelli estremi che appoggiavansi soltanto contro le gambe di forza; fu anche levata la prima staffa pendente verso li spalloni, sostituendovi una doppia braca di ferro debitamente bolronata per sostenere nelle estremità delle centine il 1.^o ordine de' puntoni, coll' inserire inoltre alcuni sbadacchi a pontelli fra un ordine e l'altro. Al castello, cioè al sostegno centrale dell'armatura, si collocarono altri puntelli verticali sotto la catena od architrave (e), quindi a colpi di maglio, incorniciando dalle due centine di mezzo, ed andando poscia così simmetricamente due per due verso le teste dell'arco, si disimpegnarono un pochetto tutte indistintamente le coppie di cunei i quali, essendo ben insaponati ed avendo le estremità

« eechiate di ferro; non che una conveniente lunghezza, eedevano senza opporre gran
 « difficoltà, e, quando trovavansi tutti indistreggiati a segno da permettere un cedi-
 « mento di mezzo centimetro, fatti saltar via li suddetti puntelli, si promoveva la
 « discesa dell'armatura con percosse di maglio date sulla medesima qua e là con buon
 « ordine e discernimento per vincere le parziali resistenze che potevansi incontrare.

« Rimessi li puntelli, e procedendo quindi a più riprese nel divisato modo, si
 « giunse a guadagnare lo spessore di un cuneo, e surrogati li due primi da due altri
 « più s-tilli, ma eguali, cerchiati ed insaponati come quelli, si ridusse finalmente il
 « vuoto a soli centimetri cinque, vale a dire che si colò l'armatura di centimetri 10
 « circa. Ma questo limite non essendo sufficiente, fu d'uopo, per continuare il disar-
 « mamento, abbassare prima di tutto le coppie di eunci, o per meglio dire li denti o
 « mascelle loro punti di sostegno, la quale operazione sarebbe riuscita necessariamente
 « molto disagiosa se con bella premonenza non si fossero anticipatamente per una
 « data altezza sciolte le mascelle dal tenone che dovevano lasciare, segnando verti-
 « calmente, come si travede nel disegno, cosicchè non si ebbe altro a fare che de-
 « gradarne li l-gno a colpi di scalpello tanto quanto poté competere ad un definitivo
 « assettamento dell'arco, il quale si manifestò dopo un declinamento di soli cent. 20
 « circa, in vece di 26 come erasi giudicato, avendo impiegato per tutte queste opera-
 « zioni il solo termine di giorni quindici circa.

« Ecco in sostanza quali sono li metodi più accreditati che si possiedono per di-
 « sarare un ponte, restando però sempre nella sagacità dell'architetto il sapere va-
 « lersi opportunamente dell'uno a preferenza dell'altro, e combinarli convenientemente
 « fra di loro secondo le particolari circostanze in cui egli può ritrovarsi, non che di
 « usare nelle applicazioni tutte quelle maggiori diligenze e cautele, che sono sempre
 « a proposito suggerite da una lunga pratica e da un indefesso studio.

« Rintracciando presentemente in ciascheduno di quei metodi li vizj più capitali
 « che sarebbe importante di evitare, noterò, parlando del primo metodo, quello di
 « levare li dossali, e che esso può riguardarsi per lo meno proprio di tutti, giacchè,
 « permettendo egli soltanto un parziale disarmamento, l'arco correrà sempre gran ri-
 « schio di assettarsi inegualmente, ed il suo sesto di alterarsi in modo disastroso ed
 « irreparabile. Non essendo per altra parte mai possibile di regolare con giusta misura
 « l'azione degli scalpelli che agiscono contemporaneamente per consumare le zeppe,
 « li cuscini e li sbadacchi, non possiamo neppur prometterci che li dossali si deprimano
 « egualmente ed in tempi eguali in tutta la loro lunghezza, d'onde anche il
 « corso di spigoli sovrastanti potrà assumere un moto inuniforme, che non è poi sem-
 « pre in nostro arbitrio di sospendere o di correggere. E finalmente anche li colpi di
 « maglio che si vibrano sugli scalpelli per consumare le biette hanno del pericoloso,
 « mentre il loro effetto, non soggetto a calcolo, si può benissimo propagare con varia
 « proporzione in ogni parte dell'armatura, e recarvi della alterazioni che si trasmet-
 « tano poi anche alla curva dell'arco: quest'inconveniente deve succedere tanto più
 « facilmente sempre che per principiare il disarmamento si praticò di slacciare li bol-
 « zoni, e di togliere alcuni capi principali dal corpo dell'armatura.

« Il secondo metodo ci apre benà la via per eseguire un disarmamento in massa,
 « il quale sarebbe sicuramente il più consentaneo, ma, coi soli mezzi di esecuzione

« che possediamo, la prudenza vuole tuttavia eh' egli si restringa entro certi confini »
 « per cui il disarmamento è anche solamente parziale.

« D'ordinario le centine non si abbassano che poco per volta, l'una dopo l'altra, »
 « od al più d'un insieme, principiando dalla centrali, e proseguendo quindi la medesima »
 « operatione sino al finale abbassamento.

« Usando per questo scopo del primo mezzo, quello di consumare le estremità »
 « inferiori dei puntoni che appoggiano sulle gambe di forza, ella è cosa evidente che »
 « non si potrà mai procedere con sicuro passo o giungere con determinato progresso »
 « al termine dell'operazione, vale a dire che s'incontreranno presso a poco le mede- »
 « sime difficoltà che per consumare uniformemente le zeppe o gli sbadacchi nel primo »
 « metodo. Inoltre, li puntoni così degradati alle loro estremità inferiori, dovranno od »
 « abbassarsi, o premere continuamente lo stesso lor punto d'appoggio fino al definitivo »
 « cedimento dell'arco. Nel primo caso le centine potranno farsi discendere aiutandole, »
 « come si è detto più sopra, a colpi di maglio, regolati con diligenza tale da non esporle »
 « a variare sensibilmente di forma prima ch'esse abbiano abbandonato l'arco; ma »
 « nel secondo caso le fermezze non sono più in grado di cedere sotto il peso dell'arco »
 « senza assoggettarsi ad un rilassamento ne' fianchi che può estendersi per tutta l'ar- »
 « matura, e farsi pernicioso alla regolare curvità del vólto.

« Lo spediente proposto da Pitrou pel ponte di *Blais* è rimarchevole per la fa- »
 « cilità e proterza con cui può disarmarsi un ponte. Ma oltre che egli non sembra »
 « di un'applicazione generale, né esente da alcuni dei principali sovvenzionanti disordini, »
 « debbono anch'essere di qualche peso quelli che possono derivare dal cominciare le »
 « fermezze necessariamente a separarsi dal vólto alla sua chiave, e successivamente »
 « in minor grado, andando verso le imposte, per cui l'arco non potrà deprimersi tutto »
 « in una sola volta colla richiesta velocità e proporzione, e principiando anzi il suo »
 « cedimento nella parte più debole, e così in senso opposto a quanto prescrivono le »
 « più saggie discipline insegnateci da sana teorica, confermata da lungo ed esatte »
 « osservazioni.

« Finalmente il terzo compenso che abbiamo per praticare il secondo metodo di »
 « sciogliere l'armatura, è quello forse, e senza forse, che soddisfaccia o maggiori con- »
 « dizioni del problema. Coll'uso ben inteso dei cuoi legnosi uni evitiamo moltissime »
 « difficoltà, noi operiamo con passi assai più misurati, noi possiamo graduare quasi »
 « a volontà il cedimento dell'armatura e conseguentemente quello del vólto. Io somma »
 « l'uso dei cuoi è una salvaguardia potente contro più accidenti e pericoli da cui il »
 « vólto è minacciato quando s'intraprende l'opera del suo disarmamento, ed è per »
 « questi distinti pregi che egli merita tutta la precedenza sugli altri. Nulla di meno »
 « dobbiamo pur anche confessare che egli stesso, arricchito come si trova di tanti pri- »
 « vilegi, manca ancora di essenziali perfezionamenti, e che a fronte delle più assidue »
 « nostre cure nel valercene non è sempre certo un esito perfetto.

« Primieramente perchè l'abbassamento in massa dell'armatura non è ottenibile »
 « con quella regolare velocità che conviene, e non è anche prudenzial cosa il ten- »
 « tarlo; che se per agevolare il disarmamento si rilassano anticipatamente li boltoni, »
 « si priva l'armatura di certi legami e pezzi di rinforzo o di sostegno che erano stati »
 « giudicati indispensabili, si può con fondamento temere che l'armatura così indebolita

« non conservi più fino al termine dell'operazione la primitiva sua forma, e che da
 « ciò ne nascano gravi danni per la curvatura e stabilità dell'arco. Finalmente, perchè
 « anche quei colpi di maglio ripetuti qua e là sulle fermezze per promuoverne la li-
 « scesa ci avvertiscono che ella non segue con la naturalezza ed uniformità che sa-
 « rebbero necessarie, e che per superare un ostacolo ci esponiamo a generare nell'ar-
 « mata delle commosioni, il cui effetto potrebbe turbare l'equilibrio dell'edificio,
 « e comprometterne la solidità.

« Colle poche argomentazioni che precedono, mi sembra di avere bastantemente
 « chiarito, come un'operazione, che o primo sguardo potrebbe sembrarci di facile
 « assunto, sia poi in pratica di difficilissima ed incertissima esecuzione, per la scarsità
 « e l'insufficienza de' mezzi che possediamo di mandarle ad effetto, e quanto perciò
 « importi, che nella stesse più indifferenti costruzioni se ne faccia un oggetto di pro-
 « fonde meditazioni, trattandola sempre colla più gran cura ed avvedutezza possibile.
 « E finalmente con quale imprudenza la medesima si affido alcune volte esclusivamente
 « ad artisti inesperti o male imbevuti dei principj che regolano la solidità delle opere,
 « o limitati alle cognizioni acquistate disordinatamente colla sola esperienza.

« Ciò premesso, io passerò senza ulteriori riflessi all'esposizione del sovranum-
 « ziato mio metodo di disarmare li ponti a gran varchi, il quale secondo me offre
 « tutta la semplicità desiderabile, ed al prezioso vantaggio di essere speditivo e certo
 « egli ne riunisce più altri non meno rilevanti, vale a dire di potersi applicare ad ogni
 « sistema di armatura purchè essa sia della richiesta solidità, di permettere la costru-
 « zione del volto secondo la rigorosa sua sagoma senza neppur dipendere dall'armatu-
 « ra delle centine, di poter far questo deprimere a nostra volontà in tutti li suoi
 « punti o parzialmente soltanto, con quegli intervalli di tempo e gradi di velocità neces-
 « sari, di separarlo in somma definitivamente dall'armatura nel periodo che si bramasse,
 « o che le circostanze potessero esigere. Tutte queste prerogative vengono dimostrate
 « in un sol colpo d'occhio dal disegno che qui unisco per maggiore dilucidazione.

« Ivi scorgesi che gli spigoli del volto *a a a*, figura 1, sono immediatamente sorretti
 « dai rispettivi dossali, e che le biette, e li cuscioni, che, come abbiamo a suo tempo
 « notato, s'interpongono fra l'arco e li dossali *b b b*, e fra questi e li arconi legnosi *A A*,
 « per poter dismettere l'armatura quando n'è giunto il tempo, sono qui rimpiazzate
 « da una chiavarda di ferro *c e c*.

« Le chiavarde sono lavorate a vite in due punti (e meglio ancora se lo saranno
 « in tutta la lunghezza del loro fusto) onde poter volgersi e sostenersi entro egual nu-
 « mero di chiodicelle *d, d, d*. Queste chiodicelle sono assicurate normalmente ed a determi-
 « nata distanza fra di loro sopra una spranga *e, e*, e pure di ferro ripiegata ad angolo
 « retto nella sua estremità superiore, ov'ella si appoggia sulla convessità dell'arcone,
 « dirigendola quindi applicata contro l'armatura secondo il reggio dell'arco da co-
 « struirsi. Si tengono le spranghe nella detta direzione fissandole all'armatura con chiodi
 « sottili di ferro *f, f, f*, che abbiano una posizione varia rispettivamente da una spranga
 « e l'altra, per non delimitare in alcun modo le fermezze col multiplice numero di
 « spranghe, che necessariamente vi si deve applicare.

« La sommità delle chiavarde è coronata da un sostegno pure di ferro di am-
 « piezza conveniente, nel centro del quale la chiavarda può comodamente girare

« quand'essa s'inchiocciola o si dischiocciola: quel sostegno è destinato a ricevere
 « il dossale, ed a sostenerlo pendente la costruzione del volto. Terminata la costru-
 « zione, il disarmamento si effettua abbassando le chiavarde collo avitarle poco per
 « volta con moto eguale ed ordinato, facendo eseguire quest'operazione da altrettante
 « persone quante saranno le chiavarde dell'armatura, per un'opera di sommo riguardo
 « che meriti la più scrupolosa attenzione, ma in tutt'altri casi potresti, senza nessun
 « notevole inconveniente, ridurre il numero degli agenti, assegnando più chiavarde ad
 « un solo di essi che le abbasserebbero successivamente l'una dopo l'altra in tempi od a
 « seguali determinati, affinché tutti gli agenti operino insieme nell'ordine stabilito, e
 « che in caso di bisogno si possa nello stesso istante sospendere l'operazione sopra
 « ogni punto dell'armatura.

« Oltre il pregio di un pronto e regolare disarmamento che offre il sovra descritto
 « metodo, esso concorre ancora a fortificare maggiormente le fermezze, per l'impiego
 « che si fa delle spranghe, e facilita medesimamente, come si è più sopra avvertito,
 « la correzione della curva dell'arco, uniti l'intero tracciamento di essa, potendosi di-
 « statti collocare gli spigoli senza dipendere dalle biette, nè dai cuscinetti, nè tanto meno
 « dalla convessità dell'arcone (qualora ella si fosse per avventura disordinata) col
 « solo alzare od abbassare li dossali, girando le chiavarde, per tenerli giusto a quel
 « segno determinato dalle coordinate del volto a del quadrante, di cui si fa uso in
 « queste costruzioni, badando soltanto alla latitudine da lasciarsi fra la centina ed il
 « dossale pel cedimento presunto del volto.

« Le avvertenze che si esigono in questo sistema riduconsi a poche, e le princi-
 « pali sono; che le chiavarde, le chiocciolate, li ritegni e le spranghe siano delle ne-
 « cessarie dimensioni, proporzionate cioè al carico ed al tempo che debbono sostenere;
 « che s'impieghi ferro scelto, purgato, torto, battuto, pulito, lavorato, ed affazzonato
 « a dovere, e secondo le più sane regole del magnano; che siano quindi questi og-
 « getti di ferramenta disposti ed assicurati a dovere sull'armatura, la quale va ben
 « fortificata e ben connessa: che finalmente le chiavarde si preservino diligentemente
 « dalla ruggine mediante l'impiego delle solite vernici, e l'applicazione di tempo in
 « tempo di qualche goccia d'olio ben fino e purgato.

« Col concorso di tutte queste ed altrettali precauzioni, si possono, come a me
 « sembra, prevenire li più essenziali inconvenienti a cui questo metodo potrebbe au-
 « cora andar soggetto in pratica, per li movimenti diversi de' quali non si possono mai
 « totalmente affrancare le cernie degli archi, per le discontinuità delle fibre del ferro,
 « il quale per altro si sottopone presentemente con ottimo e sharevole successo a più
 « ardue prove in lavori anche più delicati. E finalmente per la molteplicità delle chia-
 « varde, ossia de' punti su cui sarebbe sorretto l'arco, la quale non essendo però sog-
 « getta a maggiori imbarazzi di quanto ne arreca lo stesso impiego delle biette, dei
 « cuscinetti e degli sbadacchi negli altri metodi di disarmatura, pare che limi d'inde-
 « bolirsi l'armatura dal piantamento di pochi cavigliuoli per ritenere le spranghe, que-
 « ste possano in vece condurre efficacemente alla stabilità dell'armatura ed a fis-
 « sare viepiù il testo.

« Egli è vero che il disarmare in questo modo esige una spesa più grave sia nella
 « quantità della ferramenta, che in quella del legname. Ma è da notarsi che una volta